DIE NATURWISSENSCHAFTEN

22. Jahrgang | 5. Oktober 1934 | Heft 40

Wandlungen der Grundlagen der exakten Naturwissenschaft in jüngster Zeit[1].

Von W. HEISENBERG, Leipzig.

Die Entwicklung der modernen Physik, an deren Anfang PLANCKS Entdeckung des Wirkungsquantums steht und deren geistiger Inhalt in Relativitätstheorie und Quantentheorie niedergelegt ist, hat in den letzten Jahren einen vorläufigen Abschluß gefunden. Die Anwendung der neuentdeckten Prinzipien auf weitere Erfahrungsgebiete wird erst durchforscht werden können, wenn diese Erfahrungsgebiete ausführlicher als bisher experimentell durchgeführt sind. Doch kann vielleicht schon jetzt versucht werden, ein Bild dieser Entwicklung zu zeichnen, das von den im Streit der Tagesmeinungen entstandenen Verzerrungen frei ist und das so objektiv, wie es mir möglich ist, den Sinn dieser Entwicklung deutlich macht.

Die klassische Physik, die vor etwa dreißig Jahren ihren Abschluß fand, war auf einigen grundlegenden Voraussetzungen aufgebaut, die als der scheinbar selbstverständliche Ausgangspunkt aller exakten Naturwissenschaft in ihr keines Beweises und keiner Diskussion bedurften: Die Physik handelt vom Verhalten der Dinge im Raume und von ihrer Veränderung in der Zeit. Obwohl damit zunächst nur der Charakter der Erfahrungen bezeichnet war, die der Physik zugrunde liegen, so schienen doch zugleich auch schon einige Eigenschaften der Dinge, auf die man aus jenen Erfahrungen schließt, dadurch festgelegt zu sein. Man wurde zu der stillschweigenden Annahme geführt, daß es einen objektiven, von jeder Beobachtung unabhängigen Ablauf von Ereignissen in Raum und Zeit gebe, ferner, daß Raum und Zeit feste, voneinander völlig unabhängige Ordnungsschemate alles Geschehens bilden und insofern eine objektive, allen Menschen gemeinsame Realität darstellen.

Diese grundlegenden Voraussetzungen der klassischen Physik, deren natürliche Konsequenz das naturwissenschaftliche Weltbild des neunzehnten Jahrhunderts war, sind zum erstenmal angegriffen worden in der EINSTEINschen speziellen Relativitätstheorie. Von ihren Grundgedanken will ich hier nur soviel andeuten, wie zum Verständnis ihrer methodischen Situation notwendig ist. Diese Theorie war aus einer Notlage heraus entstanden. Die klassische Physik geriet bei dem Versuch der konsequenten Deutung gewisser subtiler Experimente — insbesondere des berühmten Experiments von MICHELSON — in Widersprüche. Die Forschung wurde dadurch genötigt, sich klarzumachen, daß eine Voraussetzung dieser klassischen Deutung, die unserer täglichen Erfahrung mit der Unschärfe, die dieser stets anhaftet, entspricht, in diesen der direkten Wahrnehmung unzugänglichen Gebieten auf keine unmittelbare Erfahrung gestützt war und daher fallen gelassen werden konnte. Es handelte sich um die Annahme, es habe einen bestimmten Sinn, zwei Ereignisse gleichzeitig zu nennen, auch wenn sie nicht am gleichen Ort stattfinden. Ereignisse, von denen wir — prinzipiell wenigstens — durch irgendeine Wahrnehmung etwas erfahren können, nennen wir „vergangen"; solche, in deren Ablauf wir — prinzipiell wenigstens — noch eingreifen können, nennen wir „zukünftig". Unserer täglichen Erfahrung entspricht es, zu glauben, daß die Ereignisse, von denen wir etwas erfahren können, von denen, die wir noch ändern können, nur durch einen unendlich kurzen Augenblick, den wir „Gegenwart" nennen, getrennt seien. Diese stillschweigende Annahme der klassischen Physik erwies sich — durch die experimentellen Forschungen, die uns zur Anerkennung der speziellen Relativitätstheorie gezwungen haben — als unrichtig. Vielmehr liegt zwischen dem, was wir eben „Vergangenheit" und dem, was wir eben „Zukunft" nannten, noch ein schmaler, aber endlicher Zeitabschnitt, dessen Dauer bestimmt ist durch den Abstand des Beobachters, der die Feststellung „vergangen" oder „zukünftig" trifft, von dem Ort der Ereignisse, um deren zeitlichen Ablauf es sich handelt. Die Theorie, die zu dieser Erkenntnis geführt hat, ist inzwischen durch eine große Reihe experimenteller Bestätigungen zu einer selbstverständlichen Grundlage aller modernen Physik geworden und gilt ebenso, wie etwa die klassische Mechanik oder die Wärmelehre als festes, für immer gesichertes Gut der exakten Naturwissenschaft. Ihre außerordentliche Bedeutung liegt in erster Linie in der ganz unerwarteten Erkenntnis, daß die konsequente Verfolgung des von der klassischen Physik vorgezeichneten Weges die Abänderung der Grundlagen dieser Physik erzwingt. Dieser Sachverhalt wird uns im folgenden noch mehrfach begegnen. Die modernen Theorien sind nicht aus revolutionären Ideen entstanden, die sozusagen von außen her in die exakten Naturwissenschaften hereingebracht wurden; sie sind der Forschung vielmehr bei dem Versuch, das Programm der klassischen Physik konsequent zu Ende zu führen, durch die Natur aufgezwungen worden. Deshalb kann man die Anfänge der modernen Physik auch an dieser Stelle nicht vergleichen mit den großen Umwälzungen früherer Zeiten, etwa mit der Leistung des KOPERNIKUS; der Gedanke des KOPERNIKUS war in viel höherem Maße von außen

[1] Vortrag in der 1. allgemeinen Sitzung der Naturforscherversammlung zu Hannover, am 17. September 1934.

her in die Ideenwelt der damaligen Naturwissenschaft hereingetragen und verursachte deshalb noch einschneidendere Veränderungen der Wissenschaft, als es die Grundgedanken der modernen Physik in der heutigen Zeit tun.

Zu der Revision des Zeitbegriffs fügte die allgemeine Relativitätstheorie eine Revision der geometrischen Eigenschaften des Raumes. Wenn diese Theorie die geringe Anzahl astronomischer Beobachtungen, die über ihren Fragenkomplex bisher vorliegen, schon richtig deutet, so besteht, wie Sie wissen, eine Beziehung zwischen Geometrie und Materieverteilung im Weltraum. Die euklidische Geometrie behält dann ihr Recht nur in kleinen Raumgebieten, während im großen der Raum eine ganz andere Struktur besitzen kann, als es der unmittelbaren Anschauung entspricht. Die allgemeine Relativitätstheorie ist noch nicht im gleichen Maß experimentell gesichert, wie die spezielle — wenn ihr auch bisher kein Experiment definitiv widerspricht. Ihre Überzeugungskraft liegt nicht in der Deutung vieler, bisher nicht deutbarer Beobachtungsergebnisse, sondern darin, daß sie eine neue Denkmöglichkeit geschaffen hat, die früher dem Blick der Naturforscher verborgen war. Wie groß die Kraft einer solchen neuen Denkmöglichkeit ist, kann in der Geschichte deutlich das Beispiel der Kopernikanischen Lehre zeigen: Man macht sich heute im allgemeinen nicht mehr klar, daß die Idee des KOPERNIKUS zu Anfang in der korrekten Darstellung der Erfahrungen der Ptolemäischen Anschauung kaum überlegen war. Noch die experimentellen Beweise, die GALILEI für die These der KOPERNIKUS anzuführen hatte, waren viel weniger zwingend als die, die wir etwa heute für die allgemeine Relativitätstheorie anführen können. Trotzdem war die Tatsache, daß man nicht in Unsinn geriet, wenn man behauptete, die Erde bewege sich um die Sonne, Grund genug für GALILEI, um mit der ganzen Kraft seines Geistes für KOPERNIKUS einzutreten. In ähnlicher Weise wird die Tatsache, daß man nicht in Unsinn gerät, wenn man behauptet: die Geometrie in der Welt hängt von der Materieverteilung ab, unabhängig von jeder experimentellen Bestätigung einen solchen Einfluß auf die zukünftige Forschung ausüben, daß eine Theorie der Gravitation künftig nie an der allgemeinen Relativitätstheorie vorbei, sondern nur durch sie hindurchgehen kann.

Kaum ein Jahrzehnt, nachdem die Relativitätstheorie gezeigt hatte, daß die als selbstverständlich angesehenen Grundlagen der exakten Naturwissenschaft durch neue Erfahrungen verändert werden konnten, wurde der eigentliche Kern der klassischen Physik, der Glaube an den objektiven, von jeder Beobachtung unabhängigen Ablauf von Ereignissen in Raum und Zeit durch die experimentellen Entdeckungen angegriffen, die in ihren Konsequenzen zur BOHRschen Theorie des Atombaus geführt haben. Auch in der Quantentheorie geschah die Abkehr von den Grundsätzen der klassischen Naturbeschreibung *nicht* durch das Eindringen neuer, der bisherigen Physik fremder Ideen in unsere Wissenschaft; vielmehr wurde hier die Forschung durch eine Kette der denkwürdigsten experimentellen Entdeckungen Schritt für Schritt zum Verlassen des Bodens der klassischen Physik gezwungen. Nach der Entdeckung des Wirkungsquantums durch PLANCK war hier der wichtigste erste Schritt die durch die Untersuchungen von LENARD und EINSTEIN gewonnene Einsicht, daß das Licht, das wir auf Grund zahlloser Interferenzversuche als Wellenvorgang auffassen müssen, gleichwohl in gewissen Experimenten korpuskulare Eigenschaften zeigt. Wir finden also wieder am Anfang der neuen Theorie den inneren Widerspruch, in dem die klassische Physik sich durch eine auf ihrem Boden völlig konsequente Deutung gewisser Experimente verwickelt. In der auf den RUTHERFORDschen Experimenten fußenden BOHRschen Atomtheorie trat dann der Dualismus klassischer und der früheren Physik völlig fremder Gesetzmäßigkeiten noch deutlicher zutage. In den folgenden Jahren erhielt diese Theorie eine feste Grundlage durch eine Reihe von experimentellen und theoretischen Untersuchungen, von denen als Beispiele nur die von FRANCK und HERTZ, STARK, STERN und GERLACH einerseits, SOMMERFELD, KRAMERS, BORN, PAULI andererseits genannt werden sollen. Dann entdeckte DE BROGLIE den Dualismus von Wellenvorstellung und korpuskularer Vorstellung auch im Verhalten der Materie. Schließlich gelang es der gleichzeitigen Arbeit des Göttinger Kreises DIRACS und SCHRÖDINGERS, die verschiedenartigen experimentellen Ergebnisse in einem mathematischen Schema zusammenzufassen, durch das eine klare neue Situation gegenüber den Grundlagen physikalischer Untersuchungen geschaffen war. Die Analyse dieser Situation, die ich hier wieder nur andeuten kann, verdanken wir in erster Linie BOHR. Es zeigte sich, daß in unserer Erforschung atomarer Vorgänge ein eigentümlicher Zwiespalt unvermeidbar ist: Einerseits sind die experimentellen Fragen, die wir an die Natur richten, stets mit Hilfe der anschaulichen Begriffe der klassischen Physik formuliert und bedienen sich insbesondére der Begriffe von Raum und Zeit der Anschauung, denn wir besitzen ja gar keine andere, als diese den Gegenständen unserer alltäglichen Umgebung angepaßte Sprache, mit der wir z. B. den Aufbau der Meßapparate beschreiben könnten, und wir können Erfahrung nicht anders als in Raum und Zeit machen. Andererseits sind die mathematischen Gebilde, die sich zur Darstellung der experimentellen Sachverhalte eignen, Wellenfunktionen in mehrdimensionalen Konfigurationsräumen, die keine einfache anschauliche Deutung zulassen. Aus diesem Zwiespalt ergibt sich die Notwendigkeit, bei der Beschreibung atomarer Vorgänge einen Schnitt zu ziehen zwischen den Meßapparaten des Beobachters, die mit den klassischen Begriffen beschrieben werden, und dem Beob-

achtungsobjekt, dessen Verhalten durch eine Wellenfunktion dargestellt wird. Während nun sowohl auf der einen Seite des Schnittes, die zum Beobachter führt, wie auf der anderen, die den Gegenstand der Beobachtung enthält, alle Zusammenhänge scharf determiniert sind — hier durch die Gesetze der klassischen Physik, dort durch die Differentialgleichungen der Quantenmechanik —, äußert sich die Existenz des Schnittes doch im Auftreten statistischer Zusammenhänge. An der Stelle des Schnittes muß nämlich die Wirkung des Beobachtungsmittels auf den zu beobachtenden Gegenstand als eine teilweise unkontrollierbare Störung aufgefaßt werden. Dieser prinzipiell unkontrollierbare Teil der Störung, die ja mit jeder Beobachtung notwendig verknüpft ist, wird in mehrfacher Weise wichtig. Einmal ist er der Grund für das Auftreten statistischer Naturgesetze in der Quantenmechanik. Dann führt er zu einer Schranke für die Anwendbarkeit der klassischen Begriffe. Es stellt sich heraus, daß die Genauigkeit, bis zu der klassische Begriffe sinnvoll zur Beschreibung der Natur verwendet werden können, durch die sog. Unbestimmtheitsrelationen beschränkt ist. Diese Genauigkeitsschranke gibt eben den Grad von Freiheit gegenüber den klassischen Begriffen, der nötig ist, um die verschiedenen anschaulichen Bilder, unter denen ein bestimmtes physikalisches Geschehen erscheinen kann — z. B. Partikel- und Wellenbild — vernünftig zu verknüpfen. Schließlich sorgt dieser prinzipiell unkontrollierbare Teil der Störung in einer bis ins einzelne verfolgbaren wunderbaren Weise dafür, daß die klassischen und die quantentheoretischen Gesetzesbereiche an der Stelle des Schnittes widerspruchsfrei aneinandergefügt werden können, so daß ein geschlossenes System von Gesetzen entsteht. Entscheidend ist hierbei insbesondere, daß die Lage des Schnittes — d. h. die Frage, welche Gegenstände mit zum Beobachtungsmittel und welche mit zum Beobachtungsobjekt gerechnet werden — für die Formulierung der Naturgesetze gleichgültig ist. Von dieser Einsicht aus kann auch einem Einwand begegnet werden, der gegen die Endgültigkeit der Quantenmechanik mehrfach vorgebracht wurde: es könnte hinter dem von ihr formulierten statistischen Zusammenhang noch ein System deterministischer Naturgesetze für andere uns bisher unbekannte Bestimmungsstücke der Natur verborgen sein, ähnlich wie hinter der Wärmelehre die BOLTZMANNsche Mechanik der Atome steckt. Eine genaue Untersuchung dieser Hypothese zeigt bald, daß die neuen Naturgesetze zu den Konsequenzen der Quantenmechanik, die streng determiniert sind, in Widerspruch geraten müßten; die Quantenmechanik läßt nirgends Raum für eine Ergänzung ihrer Aussagen, denn die einzige Stelle, an der sie Unbestimmtheiten enthält, ist der besprochene „Schnitt". Würde man an irgendeiner durch bestimmte Naturvorgänge definierten Stelle die Unbestimmtheit der Quantentheorie durch Ergänzungen beseitigen wollen, so würden dadurch, daß man den Schnitt von der genannten Stelle wegverlegt, die Widersprüche zwischen der Quantenmechanik und der versuchten Ergänzung deutlich werden.

Damit erhebt sich sogleich die allgemeinere Frage, inwieweit die durch die moderne Physik erzwungene Wandlung der Grundlagen der exakten Naturwissenschaft endgültig ist. Wir haben zu diskutieren, ob die Naturforscher auf den Gedanken an eine allen Beobachtern gemeinsame objektive Zeitskala, an objektive, von jeder Beobachtung unabhängige Geschehnisse in Raum und Zeit für immer verzichten müssen, oder ob die jüngste Entwicklung nur als eine vorübergehende Krisis zu betrachten ist. Es scheint mir, als ob die stärksten Gründe dafür sprächen, zu glauben, daß dieser Verzicht endgültig ist. Um Ihnen diese Gründe auseinanderzusetzen, möchte ich mit einem Vergleich beginnen. Vor dem Entstehen der antiken Naturwissenschaft stellten sich die Menschen die Welt als eine flache Scheibe vor, und erst durch die Entdeckung Amerikas und die erste Weltumseglung wurde dieser Glaube für alle Zeiten zerstört. Zwar hatte auch vorher niemand den Rand der Erdscheibe je gesehen. Aber dieses „Ende der Welt" gewann gleichwohl Gestalt und Leben durch die Sagen, in denen von ihm gesprochen wurde, und durch die Phantasie der Menschen, die sich mit ihm beschäftigten. Wir kennen das alte Motiv von dem Mann, der alles erforschen und bis ans Ende der Welt reisen will. Die Frage nach dem Ende der Welt hatte damals einen bestimmten klaren Sinn. Mit den Entdeckungsfahrten von COLUMBUS und MAGELLAN wurde trotzdem diese Frage für immer als sinnlos erwiesen und die ganze Gedankenwelt, die sich an sie knüpfte, in eine Märchenwelt verwandelt. Die Menschheit verzichtete nicht deswegen auf die Frage nach dem Ende der Welt, weil sie die ganze Erdoberfläche durchforscht hatte — denn selbst heute kennen wir einzelne Teile der Erdoberfläche noch nicht. — Sondern die Fahrten von COLUMBUS und MAGELLAN waren so deutliche Beweise für die Notwendigkeit, sich der neuen Denkmöglichkeit der Annahme der Kugelgestalt der Erde zu bedienen, daß man den Verzicht auf jene Frage gar nicht mehr als Verzicht empfand. Ganz ähnlich scheint es mir mit den Fragen nach der absoluten Zeitskala und nach dem objektiven Geschehen in Raum und Zeit zu stehen, auf die uns die moderne Physik zu verzichten lehrt. Auch den Sinn dieser Begriffe hatte in der Allgemeinheit, in der an sie geglaubt wurde, nie jemand durch direkte Erfahrung bestätigt; und sie bildeten ein hypothetisches „Ende der Welt". Dabei ist die Gedankenwelt, die zugleich mit diesen Fragen der klassischen Physik zerstört werden soll, viel weniger lebendig als jene, die COLUMBUS oder KOPERNIKUS vernichtete. Daher ist die Wendung unseres Weltbildes, zu der die moderne Physik zwingt, weniger einschneidend als jene im 15. und

16. Jahrhundert. Auch die Überzeugungskraft der Quantentheorie liegt keineswegs darin, daß wir etwa sämtliche Methoden, um Ort und Geschwindigkeit eines Elektrons zu messen, durchprobiert hätten und es nirgends gelungen wäre, die Unbestimmtheitsrelationen zu umgehen. Sondern die experimentellen Ergebnisse etwa von COMPTON und GEIGER und BOTHE sind so einleuchtende Beweise für die Notwendigkeit, sich der in der Quantentheorie geschaffenen neuen Denkmöglichkeit zu bedienen, daß der Verzicht auf die Fragen der klassischen Physik gar nicht mehr als Verzicht erscheint. Zu den neuen Denkmöglichkeiten, zu denen uns die Natur verholfen hat, liegt also die eigentliche Kraft der modernen Physik. Die Hoffnung, man werde durch neue Experimente doch noch dem objektiven Geschehen in Raum und Zeit oder der absoluten Zeit auf die Spur kommen, dürfte daher nicht besser begründet sein als die Hoffnung, irgendwo in den unerforschten Teilen der Antarktis werde schließlich doch das Ende der Welt gefunden werden. Noch in einem anderen Punkt läßt sich der Vergleich durchführen: Für die Geographie der Mittelmeerländer waren die Entdeckungen des COLUMBUS unwesentlich, und es wäre ganz falsch, zu behaupten, die Entdeckungsfahrten des berühmten Genuesen hätten die positiven geographischen Kenntnisse der damaligen Welt umgestürzt. Ebenso falsch ist es, heute von einem Umsturz der Physik zu sprechen; an den großen klassischen Disziplinen der Physik, Mechanik, Optik, Wärmelehre, hat sich durch die moderne Physik nichts geändert. Nur das Bild, das wir aus der Kenntnis eines beschränkten Teils der Welt voreilig von ihren noch unerforschten Gebieten entwarfen, hat eine entscheidende Wandlung durchgemacht. Freilich ist dieses Bild stets bestimmend für den Weg, den die Forschung einschlägt.

Nach dieser kurzen und oberflächlichen Übersicht über das, was in der theoretischen Physik in der jüngstvergangenen Zeit geschehen ist, soll weiter die Frage besprochen werden, ob und inwiefern dieses Geschehen wichtig werden und welche Wirkungen es auf die weitere Gestaltung des naturwissenschftlichen Denkens vielleicht ausüben kann. Zwei Aufgaben sind ja der Naturwissenschaft gestellt: sie soll Kenntnisse der Natur vermitteln, die die Menschen in den Stand setzen, die Naturkräfte ihren eigenen Interessen dienstbar zu machen, und sie soll durch eine wirkliche Einsicht in die Zusammenhänge der Natur den Menschen die richtige Stellung in ihr zuweisen. Die erste Aufgabe hat die Entwicklung von Naturwissenschaft und Technik in den letzten hundert Jahren beherrscht und soll deshalb zuerst Gegenstand unserer Aufmerksamkeit sein. Die Ergebnisse der theoretischen Physik, also auch die in der Relativitätstheorie niedergelegten Erkenntnisse, können nicht unmittelbar dem technischen Fortschritt dienstbar gemacht werden. Die theoretische Physik übt vielmehr ihre Wirkungen auf die Technik indirekt und erst nach längeren Zeiträumen aus. Zwei verschiedene Wirkungen sind hier zu unterscheiden: Erstens setzt die Konstruktion von Apparaten, die die ihnen gestellten Aufgaben vollkommen lösen, im allgemeinen die exakte Kenntnis der Naturgesetze voraus, die in ihnen wirken. Zum Bau einer Dynamomaschine oder einer Hochfrequenzanlage zum Beispiel ist die Kenntnis der MAXWELLschen Gleichungen, ob sie nun in der dem Techniker oder der dem Physiker geläufigen Gestalt erscheinen — notwendig. Ebenso muß in späterer Zeit für die Konstruktion von Apparaten, in denen atomare Erscheinungen ausgenützt werden, die Kenntnis der Gesetze der Atomphysik wesentlich werden; bis zu dieser Auswirkung der modernen Physik wird aber vielleicht noch längere Zeit vergehen. Zweitens aber dürfte der theoretische Fortschritt zu einem erheblichen Teil die Richtung bestimmen, in der die physikalische Forschung und damit schließlich auch die Technik sich entwickelt. An dieser Stelle muß kurz das Verhältnis von experimenteller und theoretischer Physik gestreift werden, das in der deutschen Öffentlichkeit in letzter Zeit manchmal schief dargestellt worden ist. Es ist selbstverständlich, daß die experimentelle Forschung überall die notwendige Vorbedingung für theoretische Erkenntnisse bildet und daß prinzipielle Fortschritte nur unter dem Druck experimenteller Resultate, nicht durch Spekulationen errungen werden. Andererseits dürfte doch oft die Richtung, in der die experimentelle Forschung fortschreitet, durch die Wege der Theorie bestimmt sein. Das berühmteste Beispiel für die ergänzende Zusammenarbeit, die seit dem Beginn der modernen Naturwissenschaft das Verhältnis von Theorie und Erfahrung bestimmt hat, ist wohl die gemeinsame Leistung TYCHO BRAHES und KEPLERS. Das ungeheure Beobachtungsmaterial TYCHOS über die Planetenbewegungen, das KEPLER nie in dieser Genauigkeit hätte sammeln können, war die notwendige Voraussetzung für die Arbeit KEPLERS; die Richtung, in der sich die Astronomie der nächsten Jahrhunderte entwickelte, wurde durch die Entdeckungen KEPLERS bestimmt. Aber wir brauchen kaum soweit zurückzugehen, um dieses Wechselspiel von Erfahrung und theoretischer Kenntnis zu beobachten: Die Wandlung der Grundlagen der exakten Naturwissenschaft, die sich in der modernen Physik vollzogen hat, ist Schritt für Schritt durch experimentelle Untersuchungen erzwungen worden. Ein Vergleich der Arbeitsgebiete der physikalischen Laboratorien jetzt und vor zwanzig Jahren zeigt andererseits sofort, wie sehr durch die Änderung unserer Kenntnis der Naturgesetze auch die Richtung der experimentellen Forschung verändert wird; und jede Neuerung, die in der beobachtenden Physik ihren Einfluß ausübt, pflanzt sich von dort in die Entwicklung der Technik fort. Wenn also in der heutigen Zeit darüber beraten wird, ob das Interesse der Öffentlichkeit sich in erster Linie der Technik, der

experimentellen oder der theoretischen Wissenschaft zuwenden solle, so sollte vor allem bedacht werden, daß diese drei Arbeitszweige sich gegenseitig bedingen und ergänzen. Es ist in jedem Zeitpunkt die Aufgabe der reinen Naturwissenschaft, den Boden urbar zu machen, auf dem die Technik wachsen soll; und da der bebaute Boden bald verbraucht wird, ist es wichtig, daß stets neuer hinzugewiesen werde. Diesem Zweck dient auch die theoretische Forschung. Letzten Endes beruht die Wechselwirkung zwischen Technik und Naturwissenschaft darauf, daß sie beide aus den gleichen geistigen Quellen gespeist werden; ein Vernachlässigen der reinen Wissenschaft wäre ein Symptom für das Versiegen der Kräfte, die das Leben der Technik und Wissenschaft gemeinsam bedingen.

Mit dem eben geschilderten Einfluß auf die Technik und die experimentelle Forschung ist aber wohl die Wirkung, die von der Wandlung der Grundlagen der exakten Naturwissenschaft ausgehen kann, noch nicht erschöpft. Ein Gebiet, in dem bereits manche Ansätze zu einer solchen Wirkung vorliegen, ist die philosophische Erkenntnistheorie. Hier ist die von KANT aufgeworfene und seitdem viel diskutierte Frage nach der Apriorität der Anschauungsformen und Kategorien durch die Kritik der absoluten Zeit und des euklidischen Raumes in der Relativitätstheorie, des Kausalgesetzes in der Quantentheorie in ein neues Licht gerückt worden. Einerseits hat sich herausgestellt, daß unsere raumzeitlichen Anschauungsformen und das Kausalgesetz nicht in dem Sinne unabhängig von aller Erfahrung sind, daß sie in alle Zukunft notwendig inhaltliche Bestandteile jeder physikalischen Theorie bleiben müßten. Andererseits ist, wie besonders BOHR betont hat, auch in der modernen Physik die Anwendbarkeit dieser Anschauungsformen und des Kausalgesetzes die Voraussetzung jeder objektiven wissenschaftlichen Erfahrung. Denn wir können Verlauf und Resultat einer Messung gar nicht anders mitteilen, als indem wir die dazu nötigen Handgriffe und die Zeigerablesung als objektive, in Raum und Zeit unserer Anschauung sich abspielende Vorgänge beschreiben, und wir könnten aus einem Meßresultat nicht auf die Eigenschaften des beobachteten Objekts schließen, wenn das Kausalgesetz nicht einen eindeutigen Zusammenhang zwischen beiden garantierte. Der scheinbare Widerspruch zwischen diesen beiden Feststellungen löst sich, wenn man bedenkt, daß die physikalischen Theorien nur dort eine von der klassischen Physik verschiedene Struktur besitzen können, wo ihre Gegensätze nicht mehr Objekte einer unmittelbaren sinnlichen Erfahrung sind, d. h. wo sie den Bereich der täglichen Erfahrung, die von der klassischen Physik beherrscht wird, verlassen. In dieser Weise hat die moderne Physik die Grenze, die der Idee des „a priori" in den exakten Naturwissenschaften gesteckt wird, genauer bezeichnet, als dies zu KANTS Zeiten möglich war. Die Frage, wieweit diese Idee in den weiteren philosophischen Bereichen, die für KANT das Wesentliche waren, noch fruchtbar bleibt, ist von dem neu gewonnenen Standpunkt aus noch nicht zu Ende diskutiert worden.

Diese erkenntnistheoretischen Spezialfragen hängen schon mit der zweiten großen Aufgabe zusammen, die der physikalischen Theorie gestellt ist: uns Aufschluß zu geben über die allgemeineren Zusammenhänge der Natur, in der wir stehen. Die Naturwissenschaft darf sich dieser Aufgabe nicht entziehen, wenn sie sich selber treu bleiben will. Es sei nur daran erinnert, daß in der Antike einige der ersten Vertreter der entstehenden Naturerforschung zugleich Träger einer religiösen Bewegung waren. Und wenn wir bedenken, daß die Wandlung des naturwissenschaftlichen Weltbildes am Ende der Renaissance das ganze geistige und kulturelle Leben der folgenden Zeit umgestaltet hat, so liegt es nahe, auch mit einem Einfluß der jetzt eingetretenen Wandlung auf weitere Bereiche des geistigen Lebens zu rechnen. Wenn auch die in jüngster Zeit erfolgte Wandlung an Bedeutung nicht zu vergleichen ist mit jener großen beim Beginn der Neuzeit, so wird sie doch vielleicht ausreichen, um die Anschauung, die wir etwa das naturwissenschaftliche Weltbild des neunzehnten Jahrhunderts nennen, durch etwas anderes zu ersetzen. Ich möchte dies näher anführen: Die naturwissenschaftlichen Anschauungen, die im letzten Jahrhundert als die selbstverständliche Grundlage aller Naturforschung galten, hatten seit dem Beginn der Neuzeit erst allmählich die festen Formen angenommen, die wir jetzt kennen. Die grundsätzliche neue Entdeckung, von der die ganze Kraft der naturwissenschaftlichen Entwicklung ausging, war die Erkenntnis, daß es außerhalb der Bewußtseinssphäre des Mittelalters, in deren Mittelpunkt der Gedanke an eine übernatürliche Offenbarung stand, noch einen großen Bereich der Wirklichkeit gab. Man stieß auf jene objektive, unbezweifelbare Realität, die man durch Beobachten der Natur und durch die Ausführung von Experimenten in Erfahrung bringen kann. Eine natürliche Konsequenz dieser Entdeckung war der Versuch, in diesem objektiv Realen, das der Gegenstand der menschlichen Forschung geworden war, das Allgemeine vom Speziellen zu sondern. Aus einer Fülle von Einzelfeststellungen schälte sich als eigentlicher Kern der neuen Naturwissenschaft eine Gruppe von Grundannahmen heraus, die allen naturwissenschaftlichen Untersuchungen scheinbar notwendig zugrunde lag. Der Einfluß der neuen Realität machte sich nun auch in der Philosophie geltend, und die Grundlagen der neuen Naturerkenntnis erschienen als Teile großer philosophischer Systeme. Ähnlich wie im Altertum die Geometrie das Vorbild für folgerichtiges philosophisches Denken lieferte, so entstanden unter dem Einfluß der Naturwissenschaft die philosophischen Systeme, bei denen — ähnlich wie in ihr — eine oder mehrere als unbezweifelbar erkannte Wahrheiten an die Spitze gestellt und alles andere

aus dieser deduziert werden sollte. Die Systeme von CARTESIUS und SPINOZA sind Beispiele dafür. Auch die Philosophie KANTS, die eine Kritik der voreiligen Dogmatisierungen naturwissenschaftlicher Begriffe beabsichtigte, konnte die Erstarrung des naturwissenschaftlichen Weltbildes nicht hindern; sie hat diese sogar in mancher Beziehung vielleicht gefördert. Denn nachdem die Grundzüge der klassischen Physik als die Vorbedingung a priori philosophischer Forschung erkannt waren, entstand durch eine naheliegende, aber unrichtige Extrapolation der Glaube, sie seien absolut, d. h. für immer gültig und könnten durch neue Erfahrungen nie verändert werden. Damit bildete sich der feste Rahmen der klassischen Physik. Es entstand die Vorstellung einer objektiven, in Zeit und Raum sich abspielenden körperlichen Welt, die, einer Maschine vergleichbar, dem ersten Anstoß nach unabänderlichen Gesetzen folgt. Die Tatsache, daß diese Maschine ebenso wie die ganze Naturwissenschaft selbst wieder ein Produkt des menschlichen Geistes war, erschien als unwesentlich und für das Verständnis der Natur belanglos. Erst diese Ausdehnung naturwissenschaftlicher Denkformen weit über ihren legitimen Anwendungsbereich hinaus führte wohl zu der oft beklagten Spaltung des geistigen Lebens in die wissenschaftliche Region einerseits und die im engeren Sinn lebendigen Regionen der Religion und der Kunst andererseits. Die exakte Wissenschaft griff auf andere Bezirke des geistigen Lebens über und bedrohte — überzeugt von der allgemeinen Gültigkeit und Anwendbarkeit der naturwissenschaftlichen Grundsätze — ihre selbständige Bedeutung; da aber ihre Kraft zu einer inhaltlichen Erfüllung dieser anderen Bereiche nicht genügte, bildeten sich aus der Gegenwehr schwer überschreitbare Grenzen zwischen den nunmehr feindlichen Gebieten. Das so entstandene naturwissenschaftliche Weltbild des neunzehnten Jahrhunderts gilt als rationalistisch, weil sein Zentrum, die klassische Physik, aus einer geringen Anzahl rationell analysierbarer Axiome aufgebaut werden kann und weil es daher von dem Glauben an die Möglichkeit der rationalen Analyse aller Realität in der Welt ausging. Es muß aber betont werden, daß die Hoffnung, aus der Kenntnis eines kleinen Teils der Welt das Verständnis ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit zu gewinnen, niemals rational begründet werden kann. Die Wandlung der naturwissenschaftlichen Grundlagen, zu der uns die Natur in den atomaren Erscheinungen in so wunderbarer Weise gezwungen hat, läßt zwar die klassische Physik unberührt; aber sie zeigt, daß naturwissenschaftliche Systeme, wie etwa die klassische Mechanik oder andere Teile der klassischen Physik, stets in sich abgeschlossen sein müssen, um richtig sein zu können; daß also die Ausdehnung naturwissenschaftlicher Forschung auf neue Erforschungsgebiete ganz anders erfolgt, als durch Anwendung der früher bekannten Sätze auf neue Gegenstände. Ich möchte Sie hier wieder an den vorhin besprochenen Vergleich erinnern zwischen der Entdeckung der Kugelgestalt der Erde und den Resultaten der modernen Physik. Solange die Erde als eine sehr große Scheibe galt, konnte man hoffen, daß der Mensch, der bis ans Ende der Welt gereist war, über alle Dinge, die es auf der Welt gibt, würde Aufschluß geben können. Mit der Entdeckung des COLUMBUS, die doch nur die Ansichten über die bis dahin unbekannten Teile der Welt veränderte, wurde diese Hoffnung für immer zerstört. Wir wissen jetzt, daß es viele Fragen gibt, auf die man durch noch so langes Reisen auf der Erde keine Antwort bekommen kann, weil gleichsam außerhalb dieses abgeschlossenen, in sich selbst zurückkehrenden Reiseweges erst die Unendlichkeit der Welt beginnt. In ganz ähnlicher Weise hat die moderne Physik gezeigt, daß das Gebäude der klassischen Physik — wie das der modernen Physik — in sich „abgeschlossen" ist. Es reicht soweit, als die Begriffe, die seine Grundlage bilden, angewendet werden können; aber die Begriffe der klassischen Physik sind schon auf die Vorgänge der Atomphysik nicht allgemein anwendbar, also erst recht nicht auf alle Gebiete der Wissenschaft, die weiter von der klassischen Physik entfernt liegen. Die Hoffnung, alle Bereiche des geistigen Lebens von den Prinzipien der klassischen Physik her verstehen zu wollen, ist also wohl um nichts mehr gerechtfertigt, als die Hoffnung des Wanderers, der alle Rätsel lösen zu können glaubt, wenn er bis ans Ende der Welt reist. Nun muß aber an dieser Stelle gleich dem Mißverständnis entgegengetreten werden, als habe die Wandlung in den exakten Naturwissenschaften bestimmte Grenzen für die Anwendung des rationalen Denkens überhaupt an den Tag gebracht. Nicht dem rationalen Denken, sondern nur gewissen Denkformen ist ein engerer Anwendungsbereich zugewiesen worden. Durch die Entdeckung, daß die Erde nicht die ganze Welt, sondern nur ein kleiner, in sich geschlossener Teil der Welt ist, wurde es möglich, die Unklarheiten des Begriffes „Ende der Welt" zurückzuschieben und dafür eine genaue Karte der ganzen Erdoberfläche zu zeichnen. In ähnlicher Weise hat die moderne Physik eher die klassische Physik von manchen mit der Annahme ihrer unbegrenzten Anwendbarkeit verbundenen Unklarheiten gereinigt und gezeigt, daß die einzelnen Teile unserer Wissenschaft: z. B. Mechanik, Elektrizitätslehre, Quantentheorie in sich abgeschlossene, rational bis ins letzte durchdringbare wissenschaftliche Systeme sind, die die ihnen zugehörigen Naturgesetze wohl für immer richtig darstellen. Wesentlich ist hierbei die „Abgeschlossenheit" der Systeme. Das wichtigste neue Ergebnis der Atomphysik war die Erkenntnis der Möglichkeit, daß ganz verschiedenartige Schemata von Naturgesetzen auf das gleiche physikalische Geschehen angewendet werden können, ohne sich zu widersprechen. Es liegt dies daran, daß in einem bestimmten System von Gesetzen wegen der Grundbegriffe, auf denen es aufgebaut ist, nur ganz bestimmte Fragestellungen einen Sinn haben und daß es sich dadurch gegen

andere Systeme, in denen andere Fragen gestellt werden, abschließt. Der Übergang der exakten Naturwissenschaft von dem erforschten zu einem neuen Erfahrungsbereich wird sich also nie so vollziehen, daß etwa die bisher bekannten Gesetze einfach auf die neuen Erfahrungen anzuwenden wären. Vielmehr wird ein wirklich neuartiger Erfahrungsbereich stets dazu führen, daß sich ein neues System wissenschaftlicher Begriffe und Gesetze herausbildet, die zwar nicht weniger rational analysierbar, aber grundsätzlich anders als die früheren sind. Aus diesem Grund nimmt die moderne Physik zu den Gebieten der Wissenschaft, die noch nicht zu ihrem Forschungsbereich gehören, eine andere Stellung ein als die klassische Physik. Wenn man z. B. an die Probleme denkt, die mit der Existenz lebendiger Organismen verbunden sind, so wird man vom Standpunkt der modernen Physik aus vermuten, daß sich die in den Organismen wirkenden Gesetze in einer ähnlichen, rational genau durchschaubaren Weise von den rein physikalischen Gesetzen abschließen, wie etwa die der Wärmelehre von denen der klassischen Mechanik. Ein ähnlicher Vorgang wird sich vielleicht, wenn auch in kleinerem Maßstab, bei der Erforschung der Eigenschaften des Atomkerns abspielen, die im Mittelpunkt des Interesses der gegenwärtigen Physik steht. Das Gebäude der exakten Naturwissenschaft kann also kaum in dem früher erhofften Sinne eine zusammenhängende Einheit werden, so daß man von einem Punkte in ihm einfach durch die Verfolgung des vorgeschriebenen Weges in alle anderen Räume des Gebäudes kommen kann. Vielmehr besteht es aus einzelnen Teilen, von denen jeder, obwohl er zu den anderen in den mannigfachsten Beziehungen steht und manche andere umschließt und von mancher umschlossen wird, doch eine in sich abgeschlossene Einheit darstellt. Der Schritt von seinen schon vollendeten Teilen zu einem neuentdeckten oder neu zu errichtenden erfordert stets einen geistigen Akt, der nicht durch das bloße Fortentwickeln des Bestehenden vollzogen werden kann.

So ist die heutige Naturwissenschaft mehr als die frühere durch die Natur selbst gezwungen worden, die alte Frage nach der Erfaßbarkeit der Wirklichkeit durch das Denken aufs neue zu stellen und in etwas veränderter Weise zu beantworten. Früher konnte das Vorbild der exakten Naturwissenschaft zu philosophischen Systemen führen, in denen eine bestimmte Wahrheit — etwa das „cogito, ergo sum" des CARTESIUS — den Ausgangspunkt bildete, von denen aus alle weltanschaulichen Fragen angegriffen werden sollten. Die Natur hat uns jetzt aber in der modernen Physik aufs deutlichste daran erinnert, daß wir nie hoffen dürfen, von einer solchen festen Operationsbasis aus das ganze Land des Erkennbaren zu erschließen. Vielmehr werden wir zu jeder wesentlich neuen Erkenntnis immer wieder von neuem in die Situation des COLUMBUS kommen müssen, der den Mut besaß, alles bis dahin bekannte Land zu verlassen in der fast wahnsinnigen Hoffnung, jenseits der Meere doch wieder Land zu finden.

Diese Einsicht kann uns von dem früher nicht immer vermiedenen Fehler bewahren, neue Erfahrungsbereiche in ein altes, ihnen unangemessenes Begriffsgerüst einzwängen zu wollen. Daher wird es auch umgekehrt leichter sein, Denkweisen, die im Gegensatz zum Erkenntnisideal der klassischen Naturwissenschaft entstanden sind, in einem umfassenden und doch einheitlichen und logisch ausgearbeiteten Begriff von Wissenschaft einzufügen. Der Versuch, nun voreilig die verschiedenen Bereiche der menschlichen Erkenntnis zu verknüpfen mit dem Hinweis darauf, daß ihre Verschiedenheit vielleicht nicht mehr zu Schwierigkeiten führen werde, hätte allerdings ebensowenig die Kraft zu einer echten Vereinheitlichung des geistigen Lebens, wie seinerzeit die Verallgemeinerung der rationalen Naturwissenschaft zum rationalistischen Weltbild. Aber wie jene Verallgemeinerung gleichwohl fruchtbar wurde, indem sie dem Denken auf vielen Gebieten neue Wege zeigte, werden wir auch heute der Zukunft den besten Dienst erweisen, wenn wir den neu gewonnenen Denkformen wenigstens die Wege ebnen und sie nicht um ihrer ungewohnten Schwierigkeiten willen bekämpfen. Vielleicht ist es nicht zu kühn, zu hoffen, daß dann ein Schritt in der Richtung auf die in den letzten Jahrzehnten so gefährdete Einheit des wissenschaftlichen Weltbildes hin getan werden kann.

Über die kinetische und statische Leistung großer und kleiner Tiere und ihre Bedeutung für den Gesamtstoffwechsel.

Von W. VON BUDDENBROCK, Kiel.

Über das sog. BERGMANN-RUBNERsche Oberflächengesetz ist bis in die letzte Zeit hinein so viel geschrieben worden, daß es unmöglich wäre, in diesem kurzen Artikel eine auch nur einigermaßen vollständige Übersicht über das zur Zeit Bekannte zu geben. Das Oberflächengesetz besagt bekanntlich, daß die Stoffwechselintensität verschieden großer Tiere, z. B. Säugetiere, nicht proportional ihrer Körpermasse, sondern ihrer Oberfläche ist. RUBNER, dem wir die exaktesten Untersuchungen der älteren Zeit verdanken, bezog diese Tatsache auf den Wärmehaushalt, da es ganz offenbar ist, daß bei einem Warmblüter die Wärmeabgabe nach außen proportional der Oberfläche ist. Eine derartige Behauptung hat natürlich nur dann einen Sinn, wenn man die Annahme macht, daß die Wärmeabgabe unter den verschiedenen Ausgaben des Körpers an erster Stelle steht, so

daß sie für den gesamten Energiehaushalt den Ausschlag gibt. An der Richtigkeit dieser RUBNERschen Vorstellung wird man auch heute nicht ganz zweifeln können. BENEDICT hat nachgewiesen, daß bei der Ratte ein Abfall der Außentemperatur um je ein Grad eine Erhöhung des Stoffwechsels um 5% bedingt. Nach demselben Autor steigt der Stoffwechsel haarloser Mäuse um 300%, wenn die Außentemperatur von 34° auf 16° gesenkt wird. Andererseits gibt es auch Tiere, die durch ihr dickes Pelzkleid so gut gegen Wärmeverluste geschützt sind, daß selbst ein stärkerer Temperaturabfall ohne Einfluß auf den Stoffwechsel ist; dies gilt nach BENEDICT z. B. für das Schaf. Endlich gibt es Warmblüter, zu denen z. B. der Mensch gehört, die bei Änderung der Außentemperatur nicht die Wärmeproduktion, sondern die Wärmeabgabe regulieren; auch bei ihnen hat also die Außentemperatur keinen besonders großen Einfluß auf den Stoffwechsel. Hierauf hat neuerdings KESTNER hingewiesen. Aus den angeführten Beispielen erhellt, daß man die Oberflächenregel nicht als ein allgemein gültiges Gesetz für alle Warmblüter betrachten kann, man muß sie vielleicht beschränken auf die Formen, die eine ausgesprochene chemische Wärmeregulation besitzen. Manche Autoren, von denen hier als neuester Autor nur KESTNER genannt sei, gehen aber so weit, daß sie die Oberflächenregel in Bausch und Bogen verwerfen. Ich halte indessen diese generelle Ablehnung für übertrieben. Es muß trotz aller Vorwürfe, die man gegen die Oberflächenregel erheben kann, immerhin zugegeben werden, daß es eine gesetzmäßige Beziehung gibt zwischen der Größe des Tieres und der Wärmeabgabe pro Quadratmeter, nur ist diese Abhängigkeit nicht so, wie es RUBNER sich vorstellte, daß nämlich die Kalorienzahl pro Quadratmeter überall die gleiche sei, sondern es hat sich durchweg, besonders nach den zahlreichen Untersuchungen von BENEDICT, herausgestellt, daß die Kalorienzahl mit der Körpergröße anwächst.

Art	Kalorienzahl p. qm
Maus	640
Ratte	933
Schaf	1500
Stier	1700

Diese Gesetzmäßigkeit bedarf einer Erklärung, der vorliegende Aufsatz stellt den ersten Versuch zu einer solchen dar. Am leichtesten führt die Hypothese zum Ziel, daß die Größe des Stoffwechsels *durch zwei Faktorengruppen* bestimmt wird, von denen die erste bewirkt, daß die Stoffwechselintensität mit abnehmender Körpergröße zunimmt, während die zweite Gruppe gerade das Gegenteil zur Folge hat, nämlich daß die Stoffwechselintensität des größeren Tieres erheblicher ist.

Zu der ersten Gruppe gehört nicht nur die Wärmeabgabe, sondern auch alle möglichen anderen Faktoren, worauf neuerdings KESTNER hinweist: erheblichere Größe gewisser innerer Organe bei kleinen Tieren usw. Schwieriger ist es, zu sagen, welche Faktoren es bedingen, daß der Stoffwechsel mit der Körpergröße zunehmen kann. Hierüber habe ich in der Literatur außer etlichen älteren, heut kaum mehr brauchbaren Angaben PUETTERS nichts Rechtes finden können. Ein näheres Studium dieser Frage führte mich aber zu der Überzeugung, daß die Ortsbewegung sowie die zum Stehen und Liegen erforderliche Muskelleistung an das große Tier viel mehr Anforderungen stellt als an das kleine. So ist es eine Erfahrung des täglichen Lebens, zu der keine Wissenschaft nötig ist, daß größere Tiere schneller laufen als kleinere: der große Hund holt den kleinen ein, das Pferd überholt das Pony. Unser größtes Landtier, der Elefant, ist zugleich eines der schnellsten. Der bekannte Afrikaforscher STEINHARDT schreibt: Wenn der afrikanische Elefant sich so langsam bewegt, daß man ihm am liebsten eins hinten drauf hauen möchte, damit er sich ein wenig beeilt, dann macht er immer noch 6 km pro Stunde, bei schnellem Schritt legt er 20 km pro Stunde zurück[1].

Da ich außer dieser Notiz keine zahlenmäßigen Angaben habe finden können, habe ich im folgenden dieses Versäumnis nachgeholt und an einer freilich nicht sehr großen Zahl von Tierarten die Zeit festgestellt, die das Tier bei normalem Schritt benötigt, um seine eigene Körperlänge zurückzulegen. Hierbei bin ich von der Überzeugung ausgegangen, daß diese *„Körperlängenzeit"* ein Faktor von äußerst großer biologischer Bedeutung ist. Es ergab sich, daß die Körperlängenzeit von der Körpergröße nur sehr wenig abhängig ist. Anders ausgedrückt bedeutet dies natürlich, daß die Laufgeschwindigkeit des Tieres proportional der Körpergröße zunimmt. Die Beobachtungen beziehen sich auf Säugetiere, auf Käfer und auf Schnecken. Daß man nur Formen einer und derselben Tiergruppe miteinander vergleichen darf, bedarf wohl keiner Erörterung.

Über die Methode ist wenig zu sagen. Die Beobachtungen an Käfern und Schnecken wurden in einem Dunkelzimmer des Zoologischen Instituts bei konstanter Beleuchtung und konstanter Temperatur gemacht. Die Beobachtungen an Säugetieren im Berliner Zoologischen Garten. Herrn Direktor Dr. HECK danke ich auch an dieser Stelle recht herzlich für die Erlaubnis zu kinematographischen Aufnahmen. Meist wurde allerdings mit der Stoppuhr gearbeitet. Als Körperlänge beim Säugetier wird der Abstand zwischen Schnauzenspitze und der Hinterfläche des Oberschenkels definiert. Was bei einem Säugetier als normaler Schritt zu gelten hat, bekommt man bei einiger Übung leicht heraus. Ich betone dies, um dem naheliegenden Vorwurf zu entgehen, daß es bei jedem Tiere beliebig viele Schrittempos gibt, aus denen ich willkürlich das mir passende ausgesucht hätte. Besonders bei den im Käfig gehaltenen Tieren kann man beobachten, daß sie recht lange

[1] Aus dem Gedächtnis, nicht wörtlich zitiert. Aus STEINHARDT, Im Lande des wahrhaften Riesen.

Zeit hindurch mit einem ganz bestimmten Normalschritt hin und her laufen.

Zunächst seien die Säugetiere besprochen. Die nachfolgende Tabelle gibt die gefundenen Werte, Fig. 1, aus diesen Werten berechnet, die Beziehung zwischen Geschwindigkeit und Körpergröße.

Tabelle 1.

Tierart	Körperlänge m	Körperlängenzeit Sek.	Geschwindigkeit m/sec
Kamel	3	2—2,2	1,4—1,5
Giraffe	2,5—3	2—2,4	1,2
Elenantilope	2,8	1,8—2,1	1,3—1,6
Kudu	1,8	2	0,9
Eisbär	2,5	1,8—2	1,25—1,4
Alaskabär	2,0	2—2,2	0,9—1,0
Tiger	2,0	2,1	0,9
Tiger	1,8	1,5—2	0,9—1,2
Löwin	1,8	1,8—2,1	0,9—1,0
Puma	1,2	1,6	0,75
Leopard	1,2	1,6—1,8	0,70
Baribal	1,2	1,6—1,7	0,72
Lama	1,5	1,75	0,85
Wildesel	1,3	1,9	0,7
Damhirsch	1—1,3	1,6	0,6—0,8
Wildschwein	1,5	1,8	0,83
Mähnenschaf	1,0	1,75	0,6
Saiga-Antilope	1,0	1,4—2,0	0,5—0,7
Gazelle	0,8—1,0	1,2—1,4	0,7
Pekari	0,8	1,4	0,6
Virginiahirsch	1—1,2	1,5—1,8	0,6—0,7
Mantelpavian	0,7	1,4	0,5
Blauböckchen	0,6	1,0—1,5	0,45—0,6
Katze	0,5	1—1,2	0,4—0,5

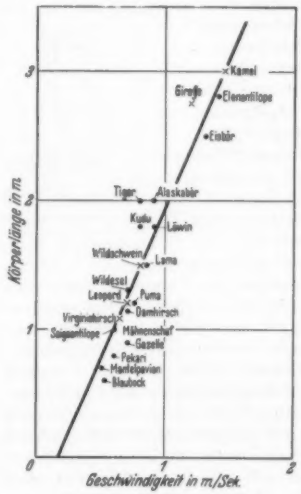

Fig. 1.

Die hierzu gehörige graphische Darstellung zeigt, wie ich glaube in recht befriedigendem Maße, die Proportionalität zwischen Körpergröße und Geschwindigkeit. Die ideelle Mittellinie geht nicht durch den Nullpunkt. Wenn Tabelle 1 und Kurve Nr. 1 auch vielleicht nichts anderes sind als die wissenschaftliche Feststellung von etwas ganz Selbstverständlichem, so ist es vielleicht doch nicht ohne Interesse zu sehen, daß die gleiche Regel auch für ganz andere Tiere Geltung hat. Tabelle 2 und Fig. 2 bringt eine entsprechende Darstellung für eine Anzahl recht verschiedener Käfer. Auch hier

Tabelle 2. Käfer.

Name	Körperlänge mm	Körperlängenzeit Sek.	Geschw. cm/sec
Phyllobius	8,2	0,525	1,55
Tachyporus	3,5	0,7	0,5
Limonius	10	0,63	1,6
Apion	3	0,38	0,8
Phyllobius	5	0,45	1,1
Malachius	8	0,6	1,3
Cantharus	9,5	0,37	1,28
Donacia	8	1,45	0,55
Dorcus	20	1,4	1,14
Rhagium	19	0,64	2,95
Systenocerus	11,5	0,77	1,42
Elateride	13	0,7	1,84
Geotrupes	16	0,7	2,3
Geotrupes	17,5	0,85	2,05
Geotrupes	16	0,74	2,17
Geotrupes	17	0,75	2,28

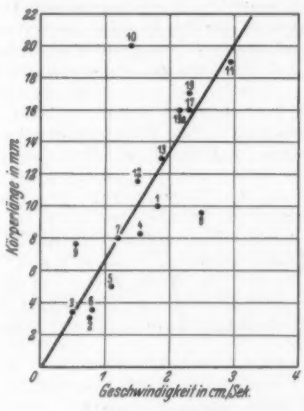

Fig. 2. Käfer.

ist die Streuung verhältnismäßig gering. Die Namen der in Tabelle 2 und in Fig. 2, 3, 4 verwandten Arten sind die folgenden:

1. Limonius aeruginosus (Elateride); 2. Apion apericans (Curculionide); 3. Tachyporus chrysomelinus (Staphlinide); 4. und 5. Phyllobius calceratus (Curculionide); 6. Ceutorhynchus spec. (Curculionide); 7. Malachius marginellus (Cantharide); 8. Cantharus rusticus (Cantharide); 9. Donacia crassipes (Chrysomelide); 10. Dorcus parallepipedus (Lucanide); 11. Rhagium bifasciatum (Cerambycide); 12. Systenocerus caraboides (Lucanide); 13. Elateride; 14. Calathus fuscipes (Harpalide); 15. Pterostrichus niger (Harpalide); 16. Pseudophonus pubescens (Harpalide); 17. und 17a. Geotrupes sylvaticus (Scarabaeide); 18. Pterostrichus

aterrimus (Harpalide); 19 und 19a wie 17; 20 wie 15; 21. Strangalia quadrifasciata (Cerambycide).

Obgleich in Fig. 2 eine ganze Menge recht verschiedener Käfer zusammengefaßt sind, zeigt Fig. 3 doch, daß sich nicht sämtliche einordnen lassen.

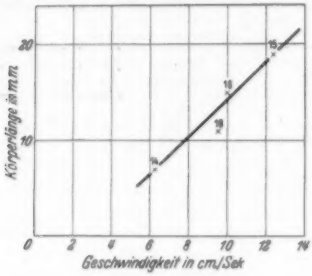

Fig. 3. Laufkäfer.

Die Laufkäfer sind so viel geschwinder als die meisten anderen, daß sie nur für sich allein betrachtet werden können.

Fig. 4 gibt für die Käfer eine graphische Darstellung des Verhältnisses zwischen Körperlänge und Körperlängenzeit. Man erkennt deutlich, daß die Abhängigkeit ziemlich gering ist, wenn auch nicht geleugnet werden kann, daß die Körperlängenzeit mit zunehmender Größe des Tieres etwas anwächst.

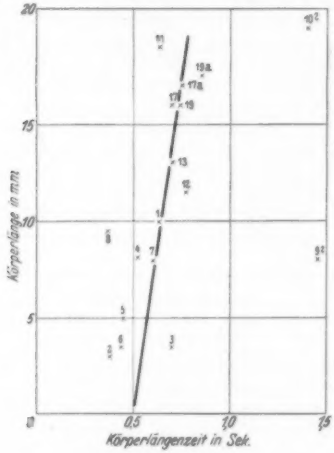

Fig. 4. Käfer.

Nr. 9 und 10 fallen als Tiere von abweichendem biologischen Verhalten aus dem Rahmen. Donacia ist als Bewohnerin von Wasserpflanzen sehr wenig beweglich, und das letzte gilt auch von den meisten Lucaniden, zu denen Dorcus gehört.

Was die Schnecken anlangt, so begnüge ich mich mit der graphischen Darstellung zwischen Körperlänge und Körperlängenzeit. Es ist zu ersehen, daß die ideelle Linie ungefähr den gleichen Verlauf hat wie bei den Käfern, nur ist die Streuung vielleicht etwas größer. Absolut genommen sind die Unterschiede in der Körperlängenzeit hier sehr groß, über 50 Sekunden; das Verhältnis der Körperlängenzeit großer und kleiner Arten ist aber etwa dasselbe wie bei Käfern und Säugetieren. Einige Arten fallen gänzlich aus der Reihe, z. B. Cypaea nemoralis, die viel schneller ist als alle anderen.

Der aufgefundene Satz von der Proportionalität zwischen Körpergröße und Geschwindigkeit bzw. von der relativen Konstanz der Körperlängenzeit ist biologisch leicht zu interpretieren. Ersichtlich handelt es sich um ein Umweltsproblem. Den Begriff der Umwelt hat bekanntlich v. UEXKÜLL in die Wissenschaft eingeführt und stets betont, daß jedes Tier sich selbst seine Umwelt schafft. Das hier Gefundene ist eine schöne Bestätigung dieser UEXKÜLLschen These. In der Umwelt ist die eigene Körpergröße nahezu der wichtigste Faktor. Das große Tier braucht eine große Umwelt, das kleine nur eine kleine. Man braucht nur an die Nahrungssuche zu denken, um diese Beziehung als etwas Selbstverständliches zu empfinden. Die Größe der Umwelt kann aber nur definiert werden als die Größe der Strecke, die in der Zeiteinheit bewältigt werden kann. *Erst die mit der Körpergröße wachsende Eigengeschwindigkeit garantiert dem Tiere eine Umwelt, in die es hineinpaßt.*

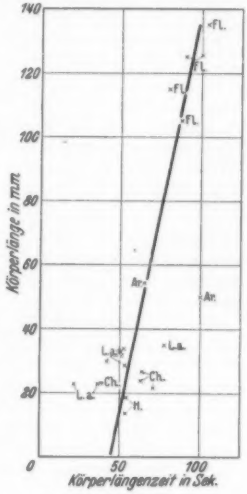

Fig. 5. Schnecken.
Fl. Limax flavus; L.a. Limax agrestis; Ch. Chilotrema lapicida; Ar. Helix arbustorum; H. Hyalinia spec.

Wir waren aber bei diesem Aufsatz von Fragen des Stoffwechsels ausgegangen und müssen uns daher jetzt Rechenschaft davon ablegen, zu welchen Konsequenzen das Gefundene auf diesem Gebiete führt. Die kinetische Arbeit eines auf ebenem Boden vorwärtsschreitenden Tieres ist sehr schwierig zu berechnen. Sie besteht großenteils aus Reibungsarbeit in den Gelenken und anderen besonders beanspruchten Teilen des Körpers. Wir können aber zum Vergleich der kinetischen Leistung großer und kleiner Tiere die Energie berechnen, die erforderlich ist, um von der Ruhestellung aus die endgültige Geschwindigkeit zu erlangen. Diese Energie ist

$$E = \frac{M \cdot v^2}{2},$$

wobei M die Masse des Körpers ist und v die Geschwindigkeit. Die Masse ist nun proportional der dritten Potenz der Körperlänge; die Geschwindig-

keit wächst, wie wir sahen, proportional mit der Körperlänge. Es ist also

$$E = k_1 \cdot L^3 \cdot k_2 \cdot L^2 \text{ oder gleich } k_1 \cdot k_2 \cdot L^5 .$$

Die Geschwindigkeit, die notwendig ist, um das Tier aus der Ruhe bis zu der ihm eigentümlichen Schrittgeschwindigkeit zu bringen, wächst also mit der *fünften* Potenz der Länge!

Die unbeschleunigte gleichmäßige Vorbewegung kann man zu folgender Berechnung benutzen. Nehmen wir an, daß zwei geometrisch sehr ähnliche, der Größe nach aber sehr verschiedene Tiere, eine Katze und ein Tiger, im Schritt eine schräge Ebene hinaufgehen, deren Steigung 5% betragen möge, so folgt aus der Verschiedenheit der Geschwindigkeit und bei der Annahme, daß der Tiger 300 Pfund, die Katze 5 Pfund wiegen möge, die nachstehende Berechnung:

	Geschwindigkeit p. Sek. m	Weg in 100 Sek. m	Vertikalhebung m	Leistung in m/kg
Tiger . . .	0,9	90	4,5	675
Katze . .	0,4	40	2	5

Der Tiger leistet also in der gleichen Zeit das 135fache an Arbeit, obgleich er nur 60mal schwerer als die Katze ist.

Als weiterer Beleg für die größere Muskelarbeit des großen Tieres sei an das Aufrichten aus dem Liegen gedacht. Hierbei wird die Masse bzw. das Gewicht des Körpers, das der dritten Potenz der Länge proportional ist, um die Höhe des Körpers gehoben. Die Gesamtleistung wächst also hier mit der vierten Potenz der Länge.

Endlich sei daran erinnert, daß auch das sog. Ruhen im Liegen oder im Stehen eine ständige Muskelarbeit bedeutet, bei der wiederum das größere Tier ungünstiger dasteht; wahrscheinlich tritt auch hier bei zunehmender Körpergröße ein Wachstum des Stoffwechsels mit der vierten Potenz der Länge ein. Ein Hinweis auf die Richtigkeit dieser Auffassung ist die Beobachtung BENEDICTS, daß das Stehen beim Schaf dem Liegen gegenüber einen Energiezuwachs von 15% erforderlich macht, beim wesentlich größeren Stier dagegen einen solchen von 30%![1]

Diese letzte Betrachtung scheint mir deshalb besonders wichtig, weil allzu leicht der Einwand erhoben werden kann, daß der meist gemessene und verglichene Ruhestoffwechsel überhaupt keine Komponente enthielte, die sich auf die Muskelarbeit bezöge. Dies ist grundsätzlich falsch, die Muskelarbeit läßt sich niemals gänzlich abstellen. Außerdem ist der Ruhestoffwechsel durch den Stoffwechsel in der Bewegung mitbedingt. Das Herz des Pferdes ist für die gewaltige Arbeit konstruiert, die das Pferd in der schärfsten Gangart leistet, nicht für die Ruhe. Ceteris paribus gilt dies für alle inneren Organe.

Aus den bis jetzt besprochenen Tatsachen lassen sich nun für einen Vergleich zwischen dem Stoffwechsel großer und kleiner Tiere eine Reihe nicht unwichtiger Schlüsse ziehen. Wir nehmen unter bewußter Vernachlässigung einiger anderer Komponenten an, daß sich der Gesamtstoffwechsel eines Warmblüters aus zwei Hauptkomponenten zusammensetzt: dem Wärmeverlust und der Muskelarbeit. Es ist also

$$E_{ges} = E_M + E_W .$$

Hierbei ist $E_M = k_1 \cdot L^5$, wobei wir die beschleunigte Bewegung als die wichtigste herausheben. E_W ist dagegen gleich $k_2 \cdot L^3$, folglich ist $E_{ges} = k_1 \cdot L^5 + k_2 \cdot L^3$. Aus dieser sehr einfachen Formulierung kann man nun zunächst ableiten, daß sich das quantitative Verhältnis zwischen Muskelarbeit und Wärmearbeit mit der Größe des Tieres ändert, denn es ist

$$\frac{E_M}{E_W} = \frac{k_1}{k_2} \cdot L^3 .$$

Das heißt, je größer das Tier ist, desto größer ist der Anteil, den die Muskelarbeit am Gesamtstoffwechsel des Tieres hat, je kleiner es ist, desto größer ist der Anteil der Wärmearbeit.

Der Energieverbrauch pro Oberflächeneinheit, der nach der BERGMANN-RUBNERschen Regel konstant sein sollte, ist nach unserem Ansatz $E_{ges}/L^3 = k_1 \cdot L^3 + k_2$. Er ist also keineswegs konstant, sondern wächst mit der Größe des Tieres entsprechend dem Betrage $k_1 \cdot L^3$. Dies stimmt bestens mit unseren Erfahrungen überein (s. S. 676), natürlich unter der Voraussetzung, daß k_1 relativ sehr klein ist.

Daß die Stoffwechselintensität per Kilogramm um so größer ist, je kleiner das Tier ist, stimmt mit der Formel überein $E_W/L^3 = k_2 \cdot 1/L$. Es darf aber auch hier der auf die kinetische Leistung sich beziehende Stoffwechsel nicht vernachlässigt werden, denn insgesamt ist

$$e = E_{ges}/L^3 = k_1 \cdot L^2 + k_2 \cdot 1/L .$$

Es ist also auch hier ein Faktor vorhanden, der den Stoffwechsel pro Kilogramm sogar ansteigen läßt, wenn die Körpergröße wächst. Es läßt sich sogar nachweisen, daß e einen Minimalwert besitzt für $L = \sqrt[3]{\frac{k_2}{2\,k_1}}$. Damit ist mindestens theoretisch bewiesen, daß e, die Stoffwechselintensität pro Gewichtseinheit, nicht ständig mit wachsender Körpergröße abnimmt, wie man wohl bisher angenommen hat. e wächst viel mehr und erreicht rasch sehr hohe Werte, wenn die Größe des Tieres ein gewisses Maß überschreitet. Die Anforderungen, die von seiten der Muskelarbeit an das zu große Tier gestellt werden, sorgen also dafür, daß „die Bäume nicht in den Himmel wachsen". Der größeren Deutlichkeit wegen möchte ich dieses, mir nicht unwichtig erscheinende Ergebnis noch durch ein Beispiel mit fingierten Zahlen erläutern. Es sei $k_1 = 0{,}01$ und $k_2 = 1000$. Dann ist nach unserer Formel die gesamte Energieausgabe pro Gewichtseinheit

$$\begin{aligned} E_{ges}/L^3 &= 100000 \text{ bei } L = 0{,}01 \\ &= 10000 \;,, \;,, = 0{,}1 \\ &= 1000 \;,, \;,, = 1 \\ &= 101 \;,, \;,, = 10 \\ &= 100 \;,, \;,, = 100 \\ &= 10001 \;,, \;,, = 1000 \end{aligned}$$

[1] In einer anderen Arbeit des gleichen Autors findet sich allerdings nur 17% für den Ochsen angegeben.

Es ergibt sich aus diesen Darlegungen, daß der Körpergröße der Warmblüter *nach unten und nach oben* gewisse Grenzen gesetzt sind. Die Tatsache der unteren Grenze ist längst bekannt. Die hier, soweit ich sehe, neu aufgestellte Behauptung der oberen Grenze gibt uns vielleicht — ich möchte dies mit aller erdenklichen Vorsicht aussprechen — ein Verständnis dafür, daß die landlebenden Säugetiere in keiner Epoche über das ungefähre Maß des Elefanten hinausgekommen sind, während die Wassersäuger, für die ganz andere Gesetze gelten, dermaßen ins Riesenhafte wachsen. Dies kann nicht auf Zufall beruhen, nach der Wärmeökonomie ist das größte Tier sogar am günstigsten dran, so daß man erwarten sollte, daß die Riesen am häufigsten sind.

Auf die schwierigeren Verhältnisse der Kaltblüter möchte ich an dieser Stelle nicht eingehen, ich hoffe in einer Studie an Käfern das hier Vorgetragene demnächst experimentell nachprüfen zu können.

Wichtigste benutzte neuere Literatur:
O. Kestner, Über die Oberflächenregel des Stoffwechsels. Pflügers Arch. **234** (1934). — G. Fr. Benedict u. E. G. Ritzman, Über die den Energieumsatz von Schafen beeinflussenden Faktoren. Arch. Tierernähr u. Tierzucht **5** (1931). — F. G. Benedict u. E. L. Fox, Der Energieumsatz normaler und harloser Mäuse ... Pflügers Arch. **231** (1933). — Fr. G. Benedict a. J. M. Petrik, Metabolism of studies on the wild rat. Amer. J. of Physiol. **94** (1930). — Fr. G. Benedict a. E. G. Ritzman, The fasting of large ruminants. The basal metabolism of steers. Proc. nat. Acad. Sci. U.S.A. **13** (1927).

Besprechungen.

SIR NAPIER SHAW, **The Drama of weather.** Cambridge: University Press 1933. XIV, 269 S. und 92 Abbild. 15 cm × 21 cm. Preis 7/6 sh.

Nachdem N. Shaw, der frühere Direktor des Meteorological Office in London, in den Jahren 1926—1932 sein umfassendes vierbändiges Handbuch der Meteorologie (Manual of Meteorology) der Fachwelt übergab, läßt er jetzt einen für weitere Kreise bestimmten Band folgen, der die Wetterentwicklung als ein gewaltiges Schauspiel auffaßt und diesen Gedanken bereits in der äußeren Gliederung zur Durchführung bringt.

Der „Prolog" behandelt zunächst das „Schaugepräge", mit dem sich das Schauspiel am Himmel und in der Umwelt abspielt. Wolken, Nebel, Dunst, Wasser- und Windhosen, tropische Stürme und Druckstörungen der gemäßigten Zone, die elektrischen und optischen Erscheinungen, die Bedeutung der Sonneneinstrahlung für alle atmosphärischen Vorgänge werden hier dem Leser in großen Umrissen vorgeführt. Es folgt die Darstellung der geschichtlichen Entwicklung meteorologischer Erkenntnisse, aufgefaßt als die antike und moderne Idee des Dramas. Das Kapitel über die Beobachter schildert alles, was mit dem Beobachtungsdienst zusammenhängt. Unter dem Stichwort „Partitur" des Dramas wird die Methodik der Verarbeitung der Beobachtungen behandelt. Das „Rhythmische" im Witterungsablauf wird als Chor aufgefaßt. Schließlich wird in der Wetterkarte das eigentliche Spiel gesehen.

Das Buch, dessen Inhalt hier nur stichwortartig seinem einem Drama entsprechenden Aufbau nach skizziert werden konnte, muß sehr aufmerksam gelesen werden, denn nur so stößt man überall auf den Schatz reichster Erfahrungen des Verfassers. Gerade dadurch, daß hin und wieder Probleme angeschnitten werden, die in der Meinung der fachwissenschaftlichen Welt noch nicht so vollständig geklärt sind, als es nach den Ausführungen des Verf. der Fall zu sein scheint, wird das Interesse des Lesers wach gehalten und zur kritischen Stellungnahme aufgefordert. Daß überall die Dynamik der Witterungsvorgänge stark in den Vordergrund geschoben wird, ist erklärlich.

Die Ausstattung ist vorzüglich, die Beigabe von Photoaufnahmen und graphischen Darstellungen sehr reichlich. Unter letzteren sind manche, die in methodischer Hinsicht große Beachtung verdienen.

Dem Buch ist zu wünschen, daß es auch über den englischen Sprachenkreis hinaus Eingang in die Fachbüchereien findet. Durch die Frische der Darstellung und auch durch die Reichhaltigkeit seines Inhalts bietet sein Studium einen hohen Genuß. K. Knoch, Berlin.

STAUB, WALTER, **Geologische Wandkarte der Schweiz, 1 : 200000.** Mit Erläuterungen (40 S.). Bern: Kümmerly & Frey 1932. Preis, aufgezogen auf Stäben, 80 Schw. Frcs.

Die Schweiz ist das klassische Land für die Erforschung gebirgsbildender Vorgänge, von dem, besonders zu Anfang des Jahrhunderts, mit die wichtigsten Impulse zur Revision und Ausgestaltung unserer tektonischen Kenntnisse ausgegangen sind. Gewiß stellen die Westalpen in mancher Hinsicht einen Sonderfall dar, wie ja überhaupt Westeuropa tektonisch als besonders komplizierte Ausnahme gelten kann. Insofern ist auch die alpine Geologie zwangsläufig den paradoxen Weg vom Komplizierten zum Einfachen gegangen, und es hat vieler Um- und Irrwege bedurft, um zu einem einigermaßen einheitlichen und „standfesten" Ergebnis zu gelangen. Daß dieses Ergebnis heute erzielt ist, daß die Grundkonzeption in großen Zügen richtig war, dafür liefert die neue Staubsche Karte der Schweiz gewissermaßen den Beweis. Denn diese, für alle Zwecke des Unterrichts und auch der Forschung dringend notwendige Karte war eben nur möglich, nachdem die Grundauffassungen der Deckenlehre durch Spezialarbeiten so stark unterbaut worden sind, daß ein zutreffendes Gesamtbild gezeichnet werden konnte.

Die Verhältnisse liegen ja in den Alpen anders als in einem Mittelgebirge oder im Tafelland; es genügt hier nicht, die Gesteine einfach nach Alter oder petrographischen Merkmalen zusammenzufassen und im Kartenbilde zu „inventarisieren". Im Hochgebirgsstrang, wo sich nur wenige Gesteinselemente an der Stelle befinden, wo sie ursprünglich abgelagert wurden, wo man also jede Scholle außer auf Beschaffenheit und Alter auch auf Herkunft prüfen muß, spielt das „kinematische" Moment mit die Hauptrolle. Daher können einem heute die alten, rein deskriptiven Karten wenig sagen. Da aus diesem Grunde eine moderne geologische Karte der Alpen vor allem eine tektonische Karte sein muß, welche vorzugsweise die dynamischen Einheiten abgrenzt, muß die Farbengebung hier gelegentlich vom üblichen Schema der Farbengleichheit nach Gestein oder Alter abweichen. Vorgreifend sei bemerkt, daß die Staubsche Karte diese technisch schwierige Frage in überraschend glücklicher, man kann vielleicht sagen vorbildlicher Weise löst, und zwar sowohl nach der wissenschaftlichen Seite, als auch in bezug auf die künstlerische Wirkung der Farbenzusammenstellung.

Die erwähnte Tatsache eines Primates der kinematischen Gliederung nach Bewegungseinheiten gegen-

über den petrographischen und stratigraphischen Komplexen zwingt natürlich zu gewissen Kompromissen. Vor allem ist ja nicht zu vergessen, daß die Basis dieser kinematischen Gliederung in der gegenwärtigen Theorie der Entstehung der Alpen, d. h. in der Deckentheorie, zu suchen ist, welche, mag sie auch heute noch so gut begründet erscheinen, eben doch nur Theorie ist, was man stets im Auge behalten muß. Das ist ganz gewiß kein Vorwurf, denn letzten Endes ist keine wissenschaftliche Leistung unverändert für die Ewigkeit bestimmt, sondern von dem gegenwärtigen Erkenntnisniveau abhängig. Die Feststellung ist aber notwendig, da, vor allem in den Einzelheiten der Karte, natürlich auch spätere Modifikationen oder abweichende Auffassungen möglich erscheinen. Das Gesamtbild dagegen dürfte heute weitgehend feststehen und ist bei STAUB vorzüglich und besonders für Lehrzwecke ausgezeichnet durchgearbeitet.

Ein Überblick über diese Großeinheiten liefert uns zugleich einen Einblick in den heutigen Stand unserer Kenntnisse.

I. Das Vorland der Alpen, im wesentlichen die autochthonen, in jüngerer Zeit nicht verschobenen Sockel von Vogesen und Schwarzwald, sowie der gerade noch von der Karte geschnittene SW-Rand der Schwäbischen Alb ist unter sorgfältiger Benutzung der neuen deutschen und französischen Literatur ausgezeichnet charakterisiert. Die vorkarbonischen Teile, die variszischen Granite und der Oberbau von Trias und Jura treten deutlich hervor. Auch der junge Vulkanismus im Hegau ist klar und doch nicht aufdringlich wiedergegeben. Vielleicht hätten schon heute die Strukturlinien der Gneise und Granite im Grundgebirge des Schwarzwaldes eingezeichnet werden können, was zum Vergleich mit den autochthonen Zentralmassiven der Schweiz aufschlußreich wäre; doch mußte natürlich eine Überladung der Signaturen vermieden werden.

II. Der im SW an die südwestdeutschen Massive anschließende Faltenstrang des Schweizer Jura ist außerordentlich eindrucksvoll herausgearbeitet. Die sehr glückliche Farbengebung läßt den Unterschied zwischen dem plateauartigen NW-Teil und den eigentlichen Ketten mit ihrem regelmäßigen Wechsel von Sätteln und Mulden sehr klar hervortreten. Das Auskeilen der Falten gegen Osten, die großen Querstörungen, die Lage der Tertiärbecken sind schon von weitem erkennbar und regen zu mannigfachen geotektonischen Betrachtungen an.

III. Sehr interessant und aufschlußreich ist die Darstellung des Schweizer Mittellandes, der großen, von tertiären Schichten erfüllten Vorsenke der Alpen. Hier konnten die neuen wichtigen Ergebnisse der stratigraphischen Gliederung von Oligo- und Miozän verarbeitet werden, so daß die Darstellung überhaupt ein Novum ist. Wichtig und sehr interessant ist z. B. die Verteilung der Nagelfluh-Konglomerate am Alpenrande. Auch die eiszeitliche Formung, die Endmoränen, Lösse und Vereisungsgrenzen treten deutlich hervor.

IV. Die nördliche Hauptkulisse der Alpen — die helvetischen Decken, welche teils in den Zentralmassiven, teils unmittelbar südlich von ihnen wurzeln, boten wohl besondere Schwierigkeiten für die Darstellung. Durch das Vorwalten der grünen und gelben Farbtöne von Kreide und Tertiär tritt der Zusammenhang dieser Zone aber sehr deutlich hervor. Es konnte auch hier, was Gliederung in Teildecken angeht, ein enormes neues Material verarbeitet werden, so daß die Karte sogar ein weitgehendes Spezialstudium der Teileinheiten zuläßt, ohne daß dadurch der einheitliche Gesamteindruck benachteiligt wird. Sehr deutlich treten dann, durch abweichende Farbgebung der altersgleichen, aber faziell verschiedenen mesozoischen Schichten, die Deckenmassen der Freiburger Alpen und des Chablais hervor, diese gewaltigen Zeugen einer sonst zerstörten Überlagerung der helvetischen Alpen durch höhere, weiter von Süden her verfrachtete Deckenpakete. Es ist das ja das klassische Land der Deckentheorie, von dem sie ausgegangen ist und das seine Sonderstellung im Kartenbild vollgültig wahrt.

V. Die autochthonen Zentralmassive der Aar, des Gotthard, des Montblanc und der Aiguilles rouges, das einzige wurzelechte Gebiet der Alpen, und ihr Sockel bzw. Gerüst, hebst sich weiter im Süden durch die grelleren Farben deutlich heraus. Deutlich erkennt man, daß diese „massifs amygdaloides" wie Mandeln von dem Teige der alpinen Decken umflossen werden und Querkulminationen im alpinen Bau entsprechen. Ihre Spezialgliederung in Gneise, krist. Schiefer, Protogine und Granite kann heute nun auch durchgeführt werden, und sogar die Hauptzüge der alten „herzynischen" Tektonik dieses Sockels sind zu erkennen.

VI. Im Süden schließt das gewaltige Gebiet der penninischen Alpen des Wallis, Nordtessins und Westbündens an, das eigentlich aktive Element der alpinen Faltung. In seiner Monotonie von Gneisen, kristallinen und wenig metamorphen Schiefern bietet es der Erforschung große Schwierigkeiten. Daß man es heute auch in Bewegungseinheiten (6 Hauptdecken) gliedern kann, ist ein besonderes ruhmvolles Ergebnis der sorgfältigen alpinen Spezialarbeit. Der Gesteinsbestand und die Gliederung in Haupteinheiten treten in der Karte deutlich hervor. Besonders klar erscheint die durch braunrot gekennzeichnete Orthogneise hervortretende Tessiner Kulmination des Alpenstranges, die Verbreitung der Grünschiefer in den obersten Decken und die im Osten auch landschaftlich so bedeutsame Entwicklung der Bündner Schiefer.

VII. Sehr eindrucksvoll ist der Rand gegen die Ostalpen und der Gegensatz von penninisch und ostalpin herausgehoben. Der Überschiebungscharakter der Ostalpen tritt deutlich heraus, auch in der Darstellung der nördlichen Kalkalpen des Allgäus und Lechtales, die dankenswerterweise nach den neuen deutschen und österreichischen Arbeiten mit aufgenommen wurden. Hier sind, was Auffassung und Deutung angeht, die größten Meinungsdivergenzen vorhanden. Die Bedeutung einiger Elemente, wie der mittelostalpinen Campodecke, ist noch nicht restlos klar. So wird man über Einzelheiten noch verschiedener Meinung sein können. Daß die Masse der Ostalpen aber hier, im westlichen Grenzgebiet, der penninischen, weiter im Norden der helvetischen Zone aufgeschoben ist, steht aber heute fest; deutlich erkennbar ist das an dem mitten im ostalpinen Gebiet auftauchenden „grauen" Fenster der Bündner Schiefer des Unterengadin. Dem sehr komplizierten Rand von penninisch und ostalpin mit seinen zahllosen Teilelementen und mit den unterostalpinen Eruptionsmassen hat Verfasser besondere Aufmerksamkeit gewidmet; trotzdem wirkt auch dieses Stück durchaus klar und nicht überladen.

VIII. Daß die Südalpen, d. h. die Gegend der oberitalienischen Seen, besonders herausgehoben und nicht, wie das oft geschieht, mit den Ostalpen einfach vereinigt wurden, ist zweifellos nützlich und richtig. Ihre Sonderstellung tritt dadurch deutlich heraus, was ja auch allen neueren Arbeiten zu entnehmen ist.

Diese kurze Zusammenstellung der Bewegungseinheiten des Alpenbaues zeigt, was in einer derartigen Übersichtskarte besonders klar hervortreten muß und in der STAUBschen Karte auch tatsächlich hervortritt: es ist der zonare Bau des Faltengebirges, seine Zu-

sammensetzung aus einzelnen, mehr oder weniger parallelen Zonen, deren jede ihr bestimmtes Bewegungsbild besitzt. Der Typus dieses Bewegungsbildes kann aus den Einzelheiten der Karte ohne Schwierigkeit abgelesen werden. Man erkennt auf den ersten Blick das starre, alt gefaltete Vorland, die Vorfalten des Jura, die große alpine Vorsenke der tertiären Molasse mit ihrem relativ einfachen inneren Bau. Innerhalb der Alpen selbst gibt das Kartenbild den Bewegungsstil der drei Haupteinheiten gut wieder:

1. Die helvetischen Decken sind gefaltete Schichtpakete, welche auf das nördliche Vorland hinaufgeschoben bzw. von den Zentralmassiven nach Norden abgeglitten sind. Die Gleitflächen im alttertiären, plastischen Flyschschiefer und die verhältnismäßig einfache Faltentektonik, durch die Feinschichtung der bewegten Gesteinsmassen bedingt, sind ohne weiteres aus dem Kartenbild abzulesen.

2. Die penninischen Decken, im eigentlichen Raum der alpinen Geosynklinale entstanden und durch intensive Tiefentektonik und Metamorphose ausgezeichnet, fallen durch die breiten Deckenschilder, durch die flachen Gneiskuppeln und ihre monotone Schieferumhüllung, endlich durch die Beteiligung der „grünen" basischen Ergußsteine auf und sind ohne weiteres als Kerngebiete der alpinen Faltung zu erkennen.

3. Die ostalpine Zone, mit ihren starren, altgefalteten kristallinen Massen und ihren spröden Kalk- und Dolomitplatten der Trias, die schollenartig übereinandergeschoben sind, kennzeichnet sich gut als das südliche Vorland, welches über die eigentliche alpine Faltenzone hinübergeschoben wurde.

Vorland, Vorsenke und Dreiteilung des Faltenstranges sind kein Spezialfall. In nur wenig abgeänderter Weise tritt eine ähnliche Anordnung, wie ich schon oft betont habe, z. B. auch im alten karbonischen (variszischen) Gebirge Mitteleuropas hervor, wo man die von KOSSMAT unterschiedenen Zonen: rhenoherzynisch, saxothuringisch, moldanubisch nach dem tektonischen Typus mit den alpinen Zonen vergleichen kann. Insofern hat die Karte auch eine prinzipielle Bedeutung, weil sie den Charakter der intensivsten orogenetischen Bewegung in reinster Form enthüllt und damit Vergleiche zwischen den verschiedenen Faltengebirgen ermöglicht.

In der Hauptsache bietet dieses Kartenbild also heute schon gesicherte Erkenntnis. Die Lokalfragen, welche im wesentlichen die Grenzen der Decken oder die Zurechnung zu Teileinheiten betreffen, mögen noch in Zukunft manche Verschiebung erfahren; für das Gesamtbild ist das belanglos. Die noch heute ungelösten Grundfragen der alpinen Geologie liegen aber außerhalb der von der Karte übermittelten Erfahrung. Es sind das erstens die Fragen nach dem genauen Alter der Bewegungen und der Metamorphose, besonders in der zentralen, penninischen Zone. Weiter die Fragen nach der Einheitlichkeit der Bewegungsrichtung und nach der Fortsetzung der Hauptzonen gegen Osten, im Streichen des Gebirges. Ob die penninische Zone wirklich unterhalb der gesamten Ostalpen hindurchläuft, ist noch unsicher, ja meines Erachtens nicht wahrscheinlich. Vermutlich lösen sich die einzelnen Zonen im Verlauf des Gebirges kulissenartig ab und die Bewegung war nicht nur von Süden nach Norden gerichtet. Das sind heute noch Auffassungsangelegenheiten, die in ein objektives Kartenbild hineingedeutet werden können, aber in ihm nicht zum Ausdruck zu kommen brauchen, da dieses Bild ja, trotz gewisser unumgänglicher theoretischer Voraussetzungen, vor allem den Stand unseres heutigen Wissens wiedergeben soll. Diesem Zweck wird die STAUBsche Karte in jeder Hinsicht gerecht; sie ist damit auch für den Unterricht, und zwar nicht nur für Geologen sondern auch für Geographen ausgezeichnet geeignet. S. v. BUBNOFF, Greifswald.

Botanische Mitteilungen.

Wuchsstoff und geotropische Krümmung bei Lupinus untersucht DIJKMAN [Rec. Trav. bot. néerl. **31** (1934)] und kommt dabei zu klaren Ergebnissen, die umso willkommener sind, als bisher auf diesem Gebiet, d. h. bei Dikotylen und beim Geotropismus, nicht viel über die Auxinproduktion und -verteilung bekannt war. Ohne die besten Hilfsmittel, wie sie in dieser Vorzüglichkeit wohl nur dem WENTschen Institut zur Verfügung stehen, sind derartige Arbeiten kaum durchzuführen. Hervorgehoben sei der neue Apparat zur Erzielung gleichmäßiger Luftfeuchtigkeit. Für die meisten Zwecke konnten oben und unten abgeschnittene Hypokotyle verwendet werden.

Bei Lupinus ist in allen wachsenden Teilen Wuchsstoff vorhanden und wird wahrscheinlich auch in ihnen gebildet, also nicht von einem Orte gehäufter Entstehung zugeleitet wie bei Avena. Die Schwerkraft hat keinen Einfluß auf die Bildung, sondern nur auf die Verteilung des Auxins. Was davon in der oberen Längshälfte verschwindet, findet sich in der unteren mehr. Sehr wichtig ist das zeitliche Zusammenfallen des Krümmungsbeginnes mit dem ersten nachweisbaren Unterschied in der Wuchsstoffkonzentration. Die Wachstumsgeschwindigkeit entspricht ziemlich genau der Auxinkonzentration, so daß die geotropische Krümmung mit der ungleichen Wuchsstoffverteilung in bester Übereinstimmung ist. Eine Geowachstumsreaktion konnte nicht nachgewiesen werden.

Nach Ansicht des Ref. gibt es wohl auch keine Photowachstumsreaktion im ursprünglichen Sinne. Wahrscheinlich bedingt die Wuchsstoffverschiebung auch bei Lichtreizung die Krümmung allein. Die Änderung in der Wuchsstoffgesamtmenge bei Belichtung dürfte für den phototropischen Tonus maßgebend sein.

Hydrobiologische und hydrographische Untersuchungen an Teichen stellte WEIMANN [Beih. Bot. Zbl. **51** (1933)] im Bonn-Poppelsdorfer Garten an. Die Nähe des Institutes hatte den großen Vorteil, daß Laboratoriumsmethoden verwendet und die Untersuchungsstellen in wenigen Minuten erreicht werden konnten. Den allgemeinen Angaben über den Teich und das Becken, welche der Forschung dienten, folgen die Ergebnisse über Temperatur, Licht und andere Witterungseinflüsse, über den Nährstoffhaushalt und den aus den Bewohnern erschlossenen Saprobitätsgrad.

Die Methoden der Nährstoffanalysen stützen sich in der Hauptsache auf RUTTNER. Erfreulich ist die Beachtung der Kieselsäuregehalte, die deutliche Beziehungen zur Diatomeenentwicklung zeigten. Die Bestimmung des Eisens nimmt nur auf anorganische Verbindungen Rücksicht. Da Humate nur in geringer Menge vorhanden waren, ist durch Vernachlässigung des „maskierten" Eisens offenbar kein Fehler entstanden. Eine Stellungnahme zu USPENSKIS Lehre vom Eisen als Hauptfaktor für die Verteilung der Algen wird leider vermißt.

Die Hauptsache war die hydrobiologische Untersuchung, die durch große zeitliche und örtliche Dichte der Probeentnahme ausgezeichnet ist. Eine Zentrifugenmethode, später die Zählung in der Plankton-

kammer mit dem umgekehrten Mikroskop nach Jodfixierung lieferten sicher gute Ergebnisse. Die räumliche Verteilung des Planktons war scharf und bezeichnend für die einzelnen Arten, obgleich der Teich nur 2 m tief war. Gegenüber großen Seen, die häufiger untersucht worden sind, ergab sich eine größere Zusammendrängung in senkrechter Richtung, sowie eine geringere Beständigkeit der Anordnung. Die einzelnen Typen der Vertikalwanderung, die unterschieden werden konnten, zeigten überwiegend deutliche Beziehungen zum Auf- und Untergang der Sonne. Die Gesamtproduktion und ihr zeitlicher Wechsel sind, wie die Ergebnisse sehr schön beweisen, ohne Berücksichtigung der örtlichen Verschiebungen nicht erfaßbar. Die Änderung in der Zusammensetzung der Nährstoffmischungen, die ein solches Gewässer enthält, spiegelt sich in der Planktontengesellschaft. Eigentümlich sind die Erfahrungen über die Temperaturoptima der einzelnen Arten. Es wäre eine lohnende Aufgabe, durch Kulturversuche zu prüfen, ob es sich wirklich um Temperaturoptima im üblichen Sinne handelt. Auch sonst wäre es erfreulich, wenn durch Züchtung der wichtigsten bestandbildenden Arten eine Brücke zwischen den schönen Ergebnissen des Verf. und der Biologie derselben geschlagen würde.

Die Ernährung von Chilomonas paramecium erweist sich durch Untersuchungen von MAST und PACE [Protoplasma (Lpz.) **20** (1933)] als geradezu aufregend neuartig. Bisher hatte man angenommen, daß diese farblose Cryptomonade, die außerordentlich gemein und in verschmutztem Wasser überall zu finden ist, sich sowohl von Zucker wie niederen Fettsäuren in Gegenwart organischer N-Quellen ernähren kann. Da Reinkulturen fehlten, konnte es sich bisher allerdings nur um vorläufige Ergebnisse handeln. Verff. gewannen eine bakterienfreie Zucht durch Umpipettieren in sterilen Lösungen und fanden erstens, daß Chilomonas auch Ammon-N verwerten kann, sich also genau so ernähren läßt wie Polytoma, mit dem es den Standort gemein hat. Andere organische Verbindungen wurden nur flüchtig geprüft. Die Verff. wurden durch andere Aufgaben gefesselt, denn es zeigte sich zweitens, daß Chilomonas auch des Azetates nicht bedarf, falls es in kohlensäurereicher Luft gezogen wird und falls der Nährlösung, die also nun keine organischen Stoffe enthält, eine Spur Silikat beigemischt wird.

Während an der gewöhnlichen Luft in dieser Lösung keine Vermehrung stattfindet, ist sie unter einer Glocke, in der $^1/_5$ der Luft durch CO_2 ersetzt ist, rascher als bei bester organischer Ernährung! Die Reaktion war dabei p_H 5—5,5. Da sie nur mit der CO_2-Tension schwankte, aber nicht eigens abgestuft wurde, haben die Verff. das p_H-Optimum nicht bestimmt.

Mit der CO_2-Gabe wuchs die Größe der Zellen und ihr Reichtum an Stärke und Fett. Diese wurden also, wie die ganze Körpermasse, bei *autotropher Ernährung* gebildet. Das ist der erste derartige Fall, da wir bisher Chemoautotrophie nur bei sog. Bakterien kannten. Hier aber handelt es sich um einen hoch organisierten Flagellaten, nahen Verwandten photoautotropher chlorophyllhaltiger Formen.

Bei der Überlegung, woher die Energie für Leben und Stoffaufbau komme, leisten sich die Verff. folgenden Satz: „Theoretically it could be obtained either from oxidation of NH_4Cl or from reduction in the temperature of the surrounding solution" (S. 348). Die vermutete Temperatursenkung, die freilich ein Perpetuum mobile zweiter Art bedeuten würde, scheinen sie nicht festgestellt zu haben. Dagegen gelang der Nachweis von Nitrat in der Kulturflüssigkeit. Nitrit wurde nicht gefunden. Somit verliefe hier die Oxydation, die von den (in der Arbeit nicht genannten) nitrifizierenden Bakterien in zwei auf die Arten aufgeteilten Stufen durchgeführt wird, in nur einer Stufe. Das Silikat, von dem schon 8×10^{-9} mol genügten und 8×10^{-4} optimal zu sein scheinen, wirkt nach Verff. als Katalysator. Auch das kann von großer Bedeutung werden, da wir außer beim Eisen als Atmungsferment nach WARBURG bisher meist nur organische Biokatalysatoren beachtet haben und die Bedeutung bestimmter chemischer Elemente in diesem Zusammenhang nirgends ganz sicher gestellt zu sein scheint.

Außer dem Namen von S. O. MAST bürgt die sorgfältige Versuchsanstellung für die Richtigkeit der verblüffenden Ergebnisse. Es war sicher besonders geschickt, die Kulturen in Tropfenzählkulturen zu führen, denn durch die geringe Menge der Individuen kann das in einer großen Glocke enthaltene Gasgemisch nicht erheblich verändert werden, und es ist so die genaue Verfolgung der Vermehrungsrate und des Gesundheitszustandes möglich.

Die Aufzucht von Pflanzen bei künstlicher Beleuchtung gewinnt immer mehr an wissenschaftlicher und praktischer Bedeutung. W. M. RODENBURG (Schweiz. Elektro-Rundschau **1933**) berichtet über Versuche mit Neonlicht, welche mit Unterstützung der Philipps-Glühlampenfabrik in Wageningen angestellt worden sind. Dieses Licht eignet sich wegen seines hohen Gehaltes an assimilatorisch wirksamen Strahlen besonders für Zusatzbeleuchtung während der lichtarmen Jahreszeit. Da es neuerdings auch bei Netzspannung verwertbar ist, so daß die teueren Transformatoren wegfallen, und da man den billigen Nachtstrom verwenden kann, so ist schon heute diese Anwendung wahrscheinlich wirtschaftlich. In vielen Fällen wird es sich auch nur um die erste Aufzucht handeln, während später natürliches Licht genügt, besonders wenn inzwischen die Tage länger geworden sind. Man wird also mit besonderem Vorteil die Neonbestrahlung verwenden können, um zeitig blühende oder fruchtende Gewächshauspflanzen zu erzielen.

Gurkenkeimlinge, welche von Anfang an bestrahlt worden sind, bekommen bald einen erheblichen Vorsprung vor nichtbestrahlten. In diesem Zustand brauchen die Pflänzchen nur wenig Raum. Es kann also eine große Zahl unter einer Leuchtröhre stehen. Das gleiche gilt für andere Sämlinge, z. B. solche von Begonien. Bei Gloxinien, Campanula isophylla und Cinerarien blühten die bestrahlten Pflanzen nicht nur früher, sondern auch reicher. Natürlich muß bei jeder einzelnen Art die richtige Form der Bestrahlung, was Zeit und Intensität anbelangt, im Zusammenhange mit Kulturart und Temperatur neu bestimmt werden.

In Gegenwart von Kolloiden zeigen sich **Neutralsalze nicht immer elektroneutral.** Wie R. KELLER (Kolloid-Z. **1934**) zeigt, läßt sich eine auffallende Parallele zwischen der Wirkung verschiedener Salze, wie sie in den HOFMEISTERschen Ionenreihen, der WIECHOWSKIschen Unterscheidung in Gewebe- und Säftesalze und dem LOEBschen Ionenantagonismus hervortritt, und dem elektrischen Verhalten der Salze beim Überschuß von Biokolloiden beobachten. Im Hochspannungsapparat von FÜRTH wandert dann die eine Gruppe zum positiven Pol, die andere, viel kleinere, zum negativen. Anodisch verhalten sich Rubidium, Caesium, Kalium, Ammonium, Magnesium, kathodisch Lithium, Natrium und zum Teil Calcium. Ebenso besteht ein entsprechender Unterschied zwischen Chloriden und Bromiden einer- und Sulfaten und Phosphaten andererseits. Dieser Unterschied tritt besonders bei großer Verdünnung und in lebenden Geweben hervor, aber auch bei Capillaranalyse. Er beherrscht nach Verf. die Verteilung der Salze in

den Geweben, spielt eine Rolle bei der Quellungsbeeinflussung der Gele und bei der Funktion der Drüsen.

Die Bedeutung des **Blutfarbstoffes für parasitische Flagellaten** besteht nach Untersuchungen von A. LWOFF (Ann. Inst. Pasteur **1933** — Zbl. Bakter. I. Orig **1934**) darin, daß er eine unentbehrliche Fe-haltige Gruppe liefert, welche von der Zelle nicht aufgebaut werden kann. Von dem reichen Inhalt der beiden Arbeiten sei noch hervorgehoben, daß Leptomonas oncopelti, welcher in dem Milchsaft von Asclepiasarten und bei der Hemiptere Lygaeus kalmii parasitiert, im Gegensatz zu nahen Verwandten, z. B. Leptomonas fasciculata und anderen Trypanosomiden, des Blutfarbstoffes nicht bedarf.

Ursprung und Wesen des Humus wird von S. A. WAKSMAN (Transact. 2. Commission Intern. Soc. Soil Science **1933**) in Kürze und treffend dargestellt. Vergeblich war alles Bemühen, die Chemie des Humus aus der seiner einzelnen Bestandteile zu verstehen und einzelne davon als das Wesentliche hinzustellen. Der Humus muß als ganzes, als ein veränderliches natürliches System untersucht werden. Man bezeichnet als Humus organische Reste, welche eine starke mikrobielle Zersetzung durchgemacht haben, sei es in Torfmooren oder in Komposthaufen, im Waldboden oder in Ackererde. Die langfristigen Untersuchungen im Institut des Verf. galten folgenden Fragen: 1. Art der Zersetzung von Pflanzenresten durch Mikroorganismen und Bildung von Humus unter bekannten Verhältnissen im Laboratorium. 2. Chemische Zusammensetzung des Bodenhumus, der sich unter natürlichen Bedingungen gebildet hat. 3. Synthese von Humuskomplexen im Glase durch chemische Vorgänge. 4. Zersetzung von Humuskomplexen durch Mikroorganismen.

Die chemische Zusammensetzung des Humus ist sehr wechselnd und hängt von der Natur der Pflanzenreste, von der Art und dem Grade der Zersetzung und den dabei beteiligten Mikroorganismen ab. Humus ist also nie in einem Gleichgewichtszustand, sondern verändert sich dauernd. Am meisten sticht dabei die Anhäufung des Ligninanteiles und der Eiweißstoffe hervor. Beide zusammen können 60 und selbst 80% der Gesamtmasse ausmachen. Künstliche Komplexe aus Lignin und Protein, die durch gemeinsame Ausfällung aus alkalischer Lösung entstanden waren, hatten andere Eigenschaften als ein bloßes Gemisch und zeigten auffallenderweise alle Kennzeichen der Hauptfraktion des Bodenhumus, welche gewöhnlich als „Humussäure" bezeichnet wird. Abgesehen von der Ähnlichkeit der chemischen Zusammensetzung besitzen sie eine hohe Basenaustauschfähigkeit und üben auf die verschiedensten biochemischen Vorgänge im Boden eine fördernde Wirkung aus. Der Eisenbestandteil dieser Komplexe kann von Azotobakter und grünen Pflanzen als Eisenquelle in alkalischem Medium verwertet werden, ähnlich wie Ref. es für Bodenauszüge gefunden hat.

Die Möglichkeit der Entstehung **wahrer Burdonen nach Propfung**, also die Mitwirkung vegetativer Kernverschmelzung bei der Bildung von Pfropfbastarden, ist oft angezweifelt worden, nachdem der einzige Fall, den HANS WINKLER seinerzeit angegeben hatte, vor der Untersuchung verloren gegangen war. Jetzt zeigt derselbe Forscher (Planta **1934**), daß er diesen Ausdruck nicht einem leeren Begriff zugeordnet hat, denn es gelang ihm, zwei neue Solanumchimären von Tomate und schwarzem Nachtschatten zu erzielen, deren Oberhaut Burdonencharakter besitzt. In der auch der Darstellung nach hervorragenden Arbeit werden alle Einzelheiten geschildert, Entstehung, Morphologie, Histologie und Caryologie. Das Wichtigste ist die Beschreibung der Eigenschaften der Epidermen, aus der hervorgeht, daß diese zwischen denen der beiden Arten stehen, und die Zählung der Chromosomen. Deren hat Solanum lycopersicum 24, Sol. nigrum 72. Wenn es sich also um Burdonenzellen handelt, so ist entweder die Summe 96 oder bei Verschmelzung von Teilkernen eine Anzahl zwischen 25 und 96 zu erwarten. Derjenige Burdo, welcher dem Nachtschatten ähnlicher war, zeigte die Zahl 52—56, derjenige, der sich mehr der Tomate näherte, 25 oder 26 Chromosomen. Die scharfsinnigen Erörterungen über die Zusammenhänge zwischen Chromosomengarnitur und Gestaltung können nicht wiedergegeben werden. Es soll aber besonders hingewiesen werden auf die bedeutungsvollen Überlegungen, welche Verf. dem bisher unverständlichen Einfluß der Binnengewebe auf die Ausbildung der Oberhautmerkmale, vor allem der Crataegomespili widmet. Diese, hauptsächlich von HABERLANDT beschriebenen Beziehungen werden vom Verf. auf die Modifizierbarkeit der Epidermiszellen durch den dichteren oder lockereren Bau der darunterliegenden Parenchyme, also auf „entwicklungsmechanische" Einflüsse zurückgeführt, durch die die Wellung der Zellwände beeinflußt zu werden scheint. Jedenfalls handelt es sich dabei um ganz andere Beziehungen als sie im Bau der Burdonenepidermis in die Erscheinung treten.

Die **Bestimmung von Glykosidzuckern und den übrigen Kohlehydraten** in Pflanzenteilen hat durch Untersuchungen von G. KERSTAN (Planta **1934**) eine wesentliche Verbesserung erfahren. Verf. bestätigt, daß der Reduktionswert eines Extraktes nicht einfach auf Zucker bezogen werden darf. Durch Vergärung konnte der Zucker entfernt werden, worauf oft eine sehr erhebliche Reduktionswirkung übrigblieb, die sogar den größeren Teil des Gesamtreduktionswertes ausmachen konnte. Die Glykoside Aesculin, Arbutin, Phlorizin u. a. konnten durch Kohle vollkommen aus dem Extrakt entfernt werden. Bei einem bestimmten Vorgehen gelang es auch die Maltose zur Adsorption zu bringen, so daß die Restreduktion ohne Bedenken auf Glykose bezogen werden durfte. Säurehydrolyse ist nach Verf. durchaus zu vermeiden. Der Zuckeranteil der Glykoside konnte nach Entfernen der Aglukone durch Kohle, mit Hilfe von Emulsin bestimmt, werden. Die Maltose ist mit Äther aus der Kohle auszuziehen und kann danach bestimmt werden. Bei der Vergärung der Zucker ist es wichtig, eine Lösung von ausgeglichenem Salzcharakter und passendem C_H zu verwenden.

Die **Unfähigkeit, Sulfat-S zu verwerten**, ist nach Untersuchungen von M. VOLKONSKY (Ann. Inst. Pasteur **1934**) eine bezeichnende Eigenschaft der Saprolegniaceen, von denen 26 Stämme aus den Gattungen Saprolegnia, Isoachlya, Achlya, Dicthyuchus und Aphanomyces untersucht wurden. Außer der letztgenannten können sie Zucker verarbeiten, aber nur Glukose, Maltose, Dextrin und lösliche Stärke, also Di- und Polysaccharide des Traubenzuckers. Bei Gegenwart eines geeigneten Zuckers begnügen sie sich mit Ammon-N, während Nitrat nicht geeignet ist. Anstatt des Zuckers kann auch Alanin verwertet werden. Der Schwefel darf aber nicht in Form von Sulfat geboten werden. Geeignet ist Cystein, das neben Glukose oder Alanin und den nötigen Mineralsalzen eine vollwertige Nährlösung ergibt.

Von anderen Pilzen wurden 21 Arten untersucht, vor allem parasitische, weil ein Zusammenhang zwischen der „Parathiotrophie" und dem Schmarotzerleben vermutet wurde. Sie konnten aber alle Sulfat verwerten. E. G. PRINGSHEIM.

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. Dr. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.